

SAMYA CAMPANA

A PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO ENGENDRADO PELA
BASE CIENTÍFICA LABORATORIAL: UM ESTUDO NO
LABORATÓRIO CENTRAL DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Santa Catarina para cumprimento parcial do requisito ao título de Doutora em Educação.

Orientadora: Profa. Dra. Valeska Nahas Guimarães
Coorientador: Prof. Dr. Lucídio Bianchetti

Florianópolis, 2013
UFSC

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca
Universitária da UFSC.

Campana, Samya

A produção do conhecimento engendrado pela base científica laboratorial : Um estudo no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal de Santa Catarina / Samya Campana ; orientadora, Valeska Nahas Guimarães ; co-orientador, Lucídio Bianchetti. - Florianópolis, SC, 2013.

252 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação.

Inclui referências

1. Educação. 2. Produção do conhecimento. 3. Nanociência. 4. Laboratório. 5. Interdisciplinaridade. I. Nahas Guimarães, Valeska. II. Bianchetti, Lucídio. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação. IV. Título.

SAMYA CAMPANA

A PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO ENGENDRADO PELA
BASE CIENTÍFICA LABORATORIAL: UM ESTUDO NO
LABORATÓRIO CENTRAL DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Essa Tese foi julgada adequada para cumprimento parcial do requisito ao título de Doutora em Educação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 19 de agosto de 2013.

Profa. Dra. Rosalba Maria Cardoso Garcia
Coordenadora do PPGE-UFSC

Profa. Dra. Valeska Nahas Guimarães
Orientadora, PPGE-UFSC

Prof. Dr. Lucídio Bianchetti
Coorientador, PPGE-UFSC

(continua)

(continuação)

Banca examinadora:

Prof. Dr. Idaleto Malvezzi Aued
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Socioeconômico
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Nilson Marcos Dias Garcia
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profa. Dra. Patrícia Laura Torriglia
Programa de Pós-graduação em Educação
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Zenilda Laurita Bouzon
Programas de Pós-graduação em Biologia Celular e de Desenvolvimento e Biologia Vegetal
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Emerson Pessoa Ferreira (suplente externo)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Prof. Dr. Juares da Silva Thiesen (suplente interno)
Programa de Pós-graduação em Educação
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho à Valeska Nahas Guimarães,
João José Cândido da Silva,
Eleudemar Ferreira Rodrigues,
Zenilda Bouzon,
Deise Rabelo,
Eduardo Isoppo
Eliane Medeiros,
Luciano de Oliveira,
Renata Ávila Ozório,
Avani da Silva,
apoiadores fundamentais e/ou diretamente influentes
na finalização desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora Valeska Nahas Guimarães, pessoa ética e compromissada profissional, técnica e humanamente, que me escolheu como orientanda, dando-me a oportunidade de desenvolver esse trabalho e, mais do que isso, de me desenvolver como ser humano ao brilho de sua luz. Solidária, apoiadora e guerreira incansável de posicionamentos críticos contra um cotidiano compressor de relações desumanas dentro e fora da Universidade. Terá sempre em mim uma parceria profissional e humana que buscará responder sempre à altura de sua grandiosidade.

Ao professor Lucídio Bianchetti, pela participação profundamente impactante e certeira neste trabalho, sendo, por isso, o alicerce do desenvolvimento dessa tese para a área da educação. Sem sua dedicação e contribuição este trabalho não poderia ter sido aprimorado.

À professora Márcia de Paula Leite, que gentil e solidariamente aceitou participar como orientadora deste trabalho, efetuando contribuições relevantes, embora não tenha sido possível sua continuação como coorientadora.

Aos membros da banca examinadora, por gentilmente terem aceitado participar da banca de avaliação, pois por suas especialidades foram escolhidos “a dedo” e não medimos esforços para contar com sua participação.

Aos professores Idaleto M. Aued e Patrícia Torriglia pelas contribuições certas quando da banca de qualificação, proporcionando a visão ampla dos rumos do trabalho.

À professora Zenilda L. Bouzon, pelo apoio ao estudo do processo de conhecimento produzido no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal de Santa Catarina (LCME-UFSC) a partir da perspectiva da área de humanidades. Sem sua anuência, esse trabalho jamais existiria dessa forma. Agradeço também pelas ricas contribuições na qualificação e por ter aceitado participar na defesa final com a certeza de que sua contribuição é decisiva e fundamental para o aprimoramento deste trabalho.

Ao professor João José Cândido da Silva, pela defesa e valorização do profissionalismo, da ética e do conhecimento, mas também essencialmente de relações humanas, tendo sido diretamente responsável pelas condições de eu finalizar esse trabalho em 2013. Sempre ficará gravado em meu coração a atitude de apoio à conclusão deste trabalho, ao que esforçarei-me eternamente para chegar à altura de tão nobre atitude, posto ser uma dívida impagável.

Ao professor Eleudemar Ferreira Rodrigues, por ter-me aberto incondicionalmente a porta que me levou ao professor João José Cândido, igualmente numa demonstração, acima de tudo, humana, ética e profissional, além de ter-me fornecido em 2012 o apoio e a esperança de dias melhores quando eu achava que tudo estava perdido diante de tantos obstáculos. Sempre ficará em meu coração o apoio dado.

À equipe do LCME-UFSC, Deise Rabelo, Eduardo Isoppo, Eliane Medeiros, Luciano de Oliveira, Renata Ávila Ozório e Avani da Silva que, pacientemente, me ensinou tantas coisas sobre o trabalho lá realizado, tendo depositado em mim confiança, apesar de minha “invasão” por mais de 30 dias em seu cotidiano, de maneira a permitir-me a apreender tanto, embora eu não tenha - neste trabalho - jamais chegado aos pés de expressar o que é seu cotidiano laboral, de tantas fascinações e revelações.

Ao Programa de Pós-graduação em Educação (PPGE) e à Reitoria, que tornaram possível o recebimento, durante parte do curso, de uma bolsa de doutorado REUNI e, por isso, minha manutenção no doutorado e a tese ora apresentada. Agradeço também às servidoras desse programa, pelo apoio e atenção concedidos sempre que precisei.

Aos meus eternos amigos doutores, que também o são na arte de manifestar uma práxis, parceiros de vida, pelo apoio incondicional à minha pessoa sempre que precisei: Adélia Doraci (Dorinha), Gilson Voloski, Jales D. da Costa, João C. Tavares, Juan M. Otalora Villamil, Lauro Mattei, Leila P. Nascimento, Marcia P. Mendonça, Natacha Janata, Marlene Grade, Sara R. Cordeiro, Soraya F. Conde e Wolney R. Carvalho.

À Fiorella Machiavello Ferradas pelo apoio de providenciar a versão em espanhol do resumo, mas acima de tudo pela amizade, apoio e conselhos desde que a conheci.

De especial maneira, aos meus amados familiares, pelo apoio cotidiano à essa jornada doutoral de mais de cinco anos e pela compreensão de sua importância e incentivos fundamentais. Pelos posicionamentos cruciais e lúcidos, pela grandiosa cumplicidade.

Àqueles que torceram por mim e seus corações sabem que já estão dentro do meu. Sempre poderão contar comigo fiel e lealmente pelo inesquecível apoio dado nessa trajetória e/ou em minha história de vida! Afinal, um guerreiro sempre reconhece outro, não pelas bonitas atitudes quando é fácil, nem pelas palavras ditas ou escritas, mas pelo olhar e pela atitude de coragem nos momentos de desafios.

Muito obrigada!

Ao vencido, ódio ou compaixão;
ao vencedor, as batatas.
(Machado de Assis)

RESUMO

CAMPANA, Samya. **A produção do conhecimento engendrado pela base científica laboratorial: um estudo no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)**. 252 f. 2013. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-graduação em Educação, Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

Esta tese apresenta os resultados de uma pesquisa cujo tema refere-se ao estudo das relações sociais que se estabelecem na produção do conhecimento pela base científica laboratorial, inserido no assunto amplo da produção do conhecimento nanocientífico. Trata-se de um estudo teórico-empírico, interdisciplinar, com abordagem qualitativa, encaminhado de acordo com a perspectiva dialética, apoiado no método do materialismo histórico. A pesquisa de campo de natureza exploratório-analítica foi realizada no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica (LCME) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Os procedimentos metodológicos incluíram além da pesquisa bibliográfica, a observação livre e participante, a análise documental, a filmagem, o registro fotográfico e relatos dos sujeitos envolvidos com pesquisas no LCME. As conclusões reforçam a produção do conhecimento como expressão do *general intellect*, seja como trabalho morto, objetivado nas coisas, seja como trabalho vivo, materializado nos homens pensantes. Conduzem ao entendimento da produção do conhecimento nanocientífico como interdisciplinar, exprimindo-se relações sociais que afirmam e negam o capital, num movimento cujo resultado é o processo histórico de os homens fazerem-se a si mesmos como seres sociais em condições superiores às legadas. Verificou-se que a interdisciplinaridade tece relações pedagógicas de ensino e aprendizagem não formais, mas envolvendo sujeitos diversos na condição de pesquisadores-pesquisadores; pesquisadores-técnicos e pesquisadores-alunos de pós-graduação. A fim de definir histórica e teórico-metodologicamente essas relações foi cunhado o termo saber cognitivo tácito explícito.

Palavras-chave: Produção do conhecimento. Nanociência. Laboratório. Interdisciplinaridade.

ABSTRACT

CAMPANA, Samya. **The knowledge production engendered by laboratorial scientific base: a study in the Central Laboratory of Electronic Microscopy at Federal University of Santa Catarina.** 252 f. 2013. Thesis (Doctor of Education) - Postgraduate Program in Education, Centre for Science Education, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

This thesis presents the results of a research whose subject refers to the social relation studies that are set in the knowledge production by the laboratorial scientific base, inserted in the wide subject of nano-scientific knowledge production. It is about a theoretical-empirical, interdisciplinary study with qualitative approach according to the dialectical perspective, supported by the historical materialism method. The field research of exploratory-analytical nature was held at Central Laboratory of Electronic Microscopy (CLEM) at Federal University of Santa Catarina (FUSC). The methodological procedures include besides the bibliographical research, a free and participative observation, documental analysis, filming, photographic records and the subject reports involved with researches at CLEM. The conclusions reinforce the knowledge production as *general intellect*, as dead work, targeted in the things, or as a living work, materialized in thinking men. It leads to an understanding of the nano-scientific knowledge production as interdisciplinary, expressing social relations that assure and deny the capital, in a movement that the result is the historical process of the men doing themselves as social beings in superior conditions to the ones delegated. It is verified that the interdisciplinarity weaves pedagogical relations of informal teaching and learning, but involving several subjects in researcher-researcher conditions; post-graduation researchers-technicians and researchers-students. In order to define historical and theoretical-methodologically these relations it was coined the term explicit tactic cognitive of knowing.

Key-words: Knowledge Production. Nano-science.Laboratory. Interdisciplinary.

RESUMEN

CAMPANA, Samya. **La producción del conocimiento engengrado en la base científica laboratorial: un estudio del laboratorio central de microscopia electrónica de la Universidad Federal de Santa Catarina**. 252 f. 2013. Tesis (Doctorado en Educación) – Programa de Posgrado em Educação, Centro de Ciências de la Educación, Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013

Esta tesis presenta los resultados de una investigación cuyo tema trata sobre el estudio de las relaciones sociales que se establecen en la producción del conocimiento por la base científica laboratorial, dentro de un concepto más amplio de la producción de conocimiento de la nanociencia. Se trata de un estudio teórico-empírico, interdisciplinario, con abordaje cualitativo, orientado de acuerdo a la perspectiva dialéctica y apoyado en el método del materialismo histórico. La investigación de campo, de índole exploratorio-analítica, fue realizada en el Laboratorio Central de Microscopia Electrónica (LCME) de la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC). Los procedimientos metodológicos incluyeron, además de la investigación bibliográfica, observación libre, así como participativa; análisis documental, filmación, registro fotográfico y relatos de actores ligados a investigaciones en el LCME. Las conclusiones refuerzan la producción del conocimiento como expresión del *general intellect*, sea como trabajo-muerto, una vez objetivado en las cosas; o como trabajo vivo, una vez materializado en hombres pensantes. Llevan a la comprensión de la producción del conocimiento de la nanociencia como interdisciplinaria, exprimiendo relaciones sociales que afirman y niegan al capital, dentro de un movimiento cuyo resultado es el proceso histórico en que los hombres se hacen a sí mismos, constituyéndose como seres sociales en condiciones superiores a las que les fueron legadas. Se verificó que la interdisciplinariedad entreteje relaciones pedagógicas no formales de enseñanza e aprendizaje, pero estrechando a diversos actores en la condición de investigadores-investigadores, investigadores-técnicos e investigadores-alumnos de posgrado. Con la finalidad de definir histórica y teórico-metodológicamente estas relaciones fue propuesto el término saber cognitivo tácito explícito.

Palabras clave: Producción de conocimiento. Nanociencia. Laboratorio. Interdisciplinaridad.

LISTA DE DESENHOS

DESENHO 1 - ÁREAS RELACIONADAS AO CONHECIMENTO NANOCIENTÍFICO.....	84
DESENHO 2 - ESQUEMA DO MICROSCÓPIO ÓPTICO, MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE TRANSMISSÃO E MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA.....	109
DESENHO 3 – SISTEMA DE LENTES DE UM MET	110
DESENHO 4 - ESQUEMA DO MICROSCÓPIO ÓPTICO E MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA.....	111
DESENHO 5 - ESQUEMA ILUSTRATIVO DAS PRINCIPAIS ETAPAS DO PROCESSAMENTO DE AMOSTRAS PARA MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA.....	132
DESENHO 6 – ALGUNS TIPOS DE <i>GRIDS</i> (GRADES).....	133
DESENHO 7 – CORTE DE DISCOS DE AMOSTRA MATERIAL E ABERTURA DO FURO	137

LISTA DE FOTOS

FOTO 1 – PANORÂMICA 1 DO LCME/UFSC, LOCALIZADO ATRÁS DA ALA B DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO	46
FOTO 2 - MET 100 – MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE TRANSMISSÃO 100 KV, MODELO JEM-1011	47
FOTO 3 - MET 200 – MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE TRANSMISSÃO 200 KV DEDICADO À CIÊNCIA DOS MATERIAIS, MODELO JEM-2100.....	48
FOTO 4 - MEV-FEG - MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA DE ALTA RESOLUÇÃO, MODELO JEOL JSM 6701F	48
FOTO 5 - MEV – MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA, MODELO JEOL JSM-3690LV	49
FOTO 6 - CONFOCAL – MICROSCÓPIO DE FLUORESCÊNCIA CONFOCAL, TCS SP5 LEICA	51
FOTO 7 - ESCALAS DE APROXIMAÇÕES DA PELE HUMANA	80
FOTO 8 – <i>DISK GRINDER</i>	96
FOTO 9 – POLIMENTO MANUAL DO DISCO EM PANO EMBEBIDO COM DISPERSÃO DE ALLUMINA.	98
FOTO 10 – <i>DIMPLE</i> , ONDE É PRODUZIDO UM AFINAMENTO INTERMEDIÁRIO DA AMOSTRA MATERIAL.....	99
FOTO 11 – <i>PIPS</i> (POLIDOR IÔNICO DE PRECISÃO)	99
FOTO 12 – UM TIPO DE IMAGEM PROJETADA EM MONITOR DO MET 100 - DO LCME - QUE É OBSERVADA PELO USUÁRIO	112
FOTO 13 - MICROGRAFIA ELETRÔNICA DE ERITRÓCITOS (GLÓBULOS VERMELHOS) NO INTERIOR DE UM TECIDO ANIMAL (25.000 X) - MEV	112
FOTO 14 - DIFERENÇA DAS IMAGENS NO MICROSCÓPIO DE FLUORESCÊNCIA COMUM (IMAGENS A, B, C) E MICROSCÓPIO DE FLUORESCÊNCIA CONFOCAL (IMAGENS D, E, F).....	118
FOTO 15 – MICROGRAFIA ELETRÔNICA DE FILAMENTO DE TUNGSTÊNIO DE MEV	121
FOTO 16 – MICROGRAFIA ELETRÔNICA DA PONTA DE UM MEV-FEG.	122
FOTO 17 – UM TIPO DE IMAGEM GERADA PELO MEV-FEG DO LCME, QUE É OBSERVADA PELO USUÁRIO	123

FOTO 18 – IMAGEM DE DOIS <i>STUBS</i> (PORTA AMOSTRAS), SENDO UM DELES COM UMA AMOSTRA POR CIMA PRONTA PARA SER VISUALIZADA, EM COMPARAÇÃO COM UM PALITO COMUM	130
FOTO 19 – PORTA <i>GRID</i> , CONTENDO VÁRIOS <i>GRIDS</i> (FEITOS DE COBRE OU NÍQUEL)	134
FOTO 20 – IMAGEM DE UM <i>GRID</i> DE COBRE (SEGURADO COM A PINÇA)	135
FOTO 21 – ALGUNS TIPOS DE PORTA AMOSTRAS, A DEPENDER DA MARCA, MODELO ETC. DO MICROSCÓPIO	136
FOTO 22 – GELADEIRA (PARA GUARDAR AMOSTRAS E OUTROS INSUMOS	141
FOTO 23 - POLIDOR IÔNICO DE PRECISÃO (<i>PiPs</i>) – GATAN, MODELO 691(QUE FAZ POLIMENTO REFINADO E UM FURO NA AMOSTRA).....	141
FOTO 24 – RECOBRIDORA (PARA IMANTAR AS AMOSTRAS COM FINAS CAMADAS DE OURO OU CARBONO) – LEICA EM SCD500	142
FOTO 25 – DESECADORA (PARA GUARDAR AS AMOSTRAS SOB VÁCUO)	142
FOTO 26 – DESTILADOR (PRODUZ ÁGUA DESTILADA)	143
FOTO 27 – CORTADORA COM DISCO ADIAMANTADO (LECO VC-50)...	143
FOTO 28 - PANORÂMICA 1 DA PIA.....	144
FOTO 29 - PANORÂMICA 2 DA PIA, COM A LIXADEIRA/POLITRIZ (ARAPOL-E) AO FUNDO	144
FOTO 30 - BANHO ULTRASSÔNICO (AO FUNDO) E BALANÇA (À DIREITA)	145
FOTO 31 - AMOSTRAS: AMPLIAÇÃO DO DETALHE DA FOTO 30.....	145
FOTO 32 – PLACA AQUECEDORA (À ESQ.), E <i>DIMPLE GRINDER</i> (MOD. 656, MARCA GATAN)	146
FOTO 33 - MICROSCÓPIOS ÓTICOS (ESQUERDA E CENTRO) E O ESTEROSCÓPIO (LUPA) (À DIREITA) (PROTEGIDO POR CAPA) (À DIREITA)	146

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CORPO TÉCNICO DO LCME PELO CONCURSO DE 2008.....	53
QUADRO 2 - NÍVEL DE ESCOLARIDADE DOS SERVIDORES TÉCNICOS DO LCME (ANO 2010)	89
QUADRO 3 - COMPARATIVO DA MICROSCOPIA ÓPTICA E ELETRÔNICA COM BASE NOS EQUIPAMENTOS DO LCME	117
QUADRO 5 – TENDÊNCIAS E COMENTÁRIOS SOBRE OS MATERIAIS EM NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA.....	149

LISTA DE VÍDEOS

VÍDEO 1 – CORTADORA E LIXADEIRA < HTTP://YOUTU.BE/MAZOILLW8VC >.	96
VÍDEO 2 – O MET 100 COLOCADO EM AÇÃO < HTTP://YOUTU.BE/C4z3IHMnJwK >.....	116
VÍDEO 3 - RECOBRIDORA < HTTP://YOUTU.BE/-Wl0R-SjvQ4 >.....	128
VÍDEO 4 – ULTRAMICRÓTOMO < HTTP://YOUTU.BE/u2-YF9t-R_I >. ...	147

LISTA DE SIGLAS

Å – Angstrom (unidade de medida de comprimento utilizada para trabalhar com grandezas do tamanho do átomo ou dos espaços existentes entre dois planos cristalinos, que são estruturas atômicas de sólidos de cristais com forma semelhante a um cubo). 1 (um) Angstrom vale 10^{-10} m.

API-NANO - Arranjo Promotor da Inovação em nanotecnologia

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CC – Conselho Curador

CCB – Centro de Ciências Biológicas

CEBIME – Centro de Biologia Molecular Estrutural

CERN – *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*

CFM – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas

CTC – Centro Tecnológico

CONFOCAL – Microscópio de Fluorescência Confocal

FAPESC - Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina

FAPEU – Fundação de Amparo à Pesquisa e à Extensão Universitária

FEESC - Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz

FUNPESQUISA – Fundo de Incentivo à Pesquisa

GR – Gabinete da Reitoria

IMES - Instituto Interdisciplinar de Engenharia de Superfície

LINDEN - Laboratório Interdisciplinar de Desenvolvimento de Nanoestrutura

LCME – Laboratório Central de Microscopia Eletrônica

μm - Micrômetro (medida de comprimento que equivale à milionésima parte de um milímetro)

MCT/FINEP/CT-INFRA – PROINFRA – Ministério da Ciência e Tecnologia/Financiadora de Estudos e Projetos/Fundo de Infraestrutura - Propostas para apoio a projetos institucionais de implantação de infraestrutura de pesquisa

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

MEV-FEG – Microscópio eletrônico (de varredura) de emissão de campo (*field emission electron gun*)

MET 100 – Microscópio eletrônico de transmissão 100 kilovolts

MET 200 – Microscópio eletrônico de transmissão 200 kilovolts
MEV – Microscópio eletrônico de varredura
nm – Nanômetro (medida de comprimento que equivale à bilionésima parte de um milímetro)
OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
Pa - Unidade de medida da pressão
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
PIBIC/CNPq - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PIPS - *Precision Ion Polishing System*, em inglês – Polidor iônico de precisão
PRPe – Pró-reitoria de Ensino e Extensão (atualmente denominada PROPESQ)
PRPG – Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação
PROPESQ – Pró-reitoria de Pesquisa (antiga denominação para PRPe)
PROPLAN – Pró-reitoria de Planejamento e Orçamento
RENANOSSOMA - Rede de Pesquisa, Sociedade e Meio Ambiente
SISNANO - Sistema de Laboratórios em Nanotecnologia
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

Introdução	29
Capítulo 1 - As fortalezas do e para o capital: o espaço de se produzir conhecimentos nanocientíficos e suas mediações.....	45
1.1 O espaço do Laboratório Central de Microscopia Eletrônica (LCME)	45
1.2 O espaço da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	54
1.3 A lógica dominante na produção de conhecimentos nanocientíficos	58
1.4 A apreensão do LCME como desvelamento do capital.....	65
Capítulo 2 – Um olho no telescópio: ciência, técnicas envolvidas e tecnologia dos microscópios eletrônico e óptico	75
2.1 Técnicas da nanociência: um novo paradigma de informação e criatividade.....	80
2.1.1 Abordagens técnicas para as nanotecnologias	90
2.2 Distinções básicas entre a microscopia eletrônica e a óptica ...	107
Capítulo 3 – Um olho no microscópio: peculiaridades dos microscópios eletrônicos do LCME e preparação de amostras	115
3.1 Máquina ferramenta de precisão eletrônica: a fonte de radiação	120
3.1 Processo de preparação de amostras	127
Capítulo 4 – Intercâmbio, <i>general intellect</i> e cooperação: na jornada da criação ou “quem” conduz os fios da criação.....	151
4.1 Primeira expressão de intercâmbio: objetividade e <i>general intellect</i>	152
4.2 Segunda expressão de intercâmbio: cooperação e <i>general intellect</i>	160
4.3 Terceira expressão de intercâmbio: alienação e ser social	169
4.4 Quarta expressão de intercâmbio: cooperação e relações sociais de trabalho no LCME	173
Conclusões e considerações finais	193
Referências	205
Anexos.....	233

INTRODUÇÃO

A presente tese exprime não somente a trajetória e definição de uma pesquisa (teórica -metodológica) que buscou responder certas questões, mas, antes de tudo, um caminho para apreender, pelo pensamento, as determinações essenciais como forma de os homens produzirem suas existências e se transformarem em homens em si e para si, sujeitos e objetos da história.

Karl Marx (1818 – 1883), pensador do século XIX, foi quem desenvolveu a concepção de que ‘quem faz a crítica’ é o mundo real, isto é, os homens em seu modo capitalista de produzirem suas existências, o que significa também considerá-los como sujeitos que ao se apropriarem do real, elaboram, reflexionam e criticam no sentido de colocar posições e fundamentações para se contrapor ao que está posto/naturalizado. Este pensamento foi expressão do momento histórico em que esse próprio modo, tendo revelado todos os seus elementos constitutivos e passando a desenvolver-se degenerativamente, iniciara a crítica a si mesmo. Buscam-se, pois, elementos de crítica no mundo real dos homens. Afinal, requer-se atualmente a perspectiva do otimismo pela razão e não somente pela vontade.

Posto isto, a educação se sobressai como demiurgo da “salvação do velho”, quando está posta sua ressignificação segundo De Mari (2006), como o imperativo da propalada “sociedade do conhecimento” (FERRETI, 2008) e da importância do “capital humano” (SCHULTZ, 1973), mas, ao mesmo tempo, como possibilidade da instauração do novo, conforme Mészáros (2005), que cunhou a ‘educação para a vida’, e Freire (1987), que propôs a prática de uma ‘educação libertadora’.

De que modo apreender esse movimento de ressignificação da educação?

Com pertinência, Robert Musil, em *O homem sem qualidades* - uma espécie de bíblia do homem contemporâneo na literatura -, apresenta as questões referentes a uma nova sociedade e um novo homem, segundo Bia Lessa (2006): no contexto de apropriação e consumo de novos conceitos, autor e personagem central nos colocam diante de nosso tempo como espectadores e agentes transformadores, como seres com uma aparente instabilidade e repletos de possibilidade.

Para a autora, a constatação de que a Ciência se transformou no grande agente transformador da sociedade, ocupando de certa forma o lugar das artes, tomando para si o papel da vanguarda e impulsionando o

homem a estabelecer uma nova relação com o mundo, evidencia novos desafios que se situam desde a reformulação ética, com novos princípios, até uma mudança significativa das crenças e dos costumes, antes mesmo da tomada de consciência de uma mudança racional (LESSA, 2006).

Porém, o que é Ciência? Inúmeros são os autores que formularam uma resposta a essa indagação¹, mas, recorrendo a uma síntese a Ciência pode ser entendida, segundo Cupani (2000, p. 17-18), em várias acepções:

- uma atividade social endereçada à observação de uma representação sistemática e confiável do mundo, de valor intrínseco (a denominada “ciência pura”), ou bem o conhecimento por ela gerado, entendido como uma entidade de existência quase autônoma, à medida em que não depende – quanto ao seu significado – das peculiaridades dos seres humanos que a produzem e utilizam (conhecimento “objetivo”).
- o esforço inquiridor destinado a resolver, com o mesmo espírito, problemas práticos (“ciência aplicada”), ou bem a utilização do conhecimento científico mediante a qual influenciamos ou transformamos materiais, eventos e atividades (tecnologia)
- tais atividades acima mencionadas conforme padrões técnicos e éticos que lhe supomos essenciais (p.ex., o rigor, a criatividade, o desinteresse), ou bem práticas que, na sua efetiva ocorrência, são tão “demasiado humanas” quanto quaisquer outras (ciência rotineira, descuidada, aparente, “suja”)

Convém esclarecer desde já a noção de Ciência que se pretende adotar na presente tese vincula-se às noções acima, porém está adequada aos pressupostos e resultados da presente pesquisa. A Ciência é uma atividade social produtora de um conhecimento científico, resultante da razão, da combinação entre interação sistemática, experimental ou não, com o objeto e o raciocínio lógico. Sua efetivação, que só pode ser expressão do ser social (TORRIGLIA, DUARTE, 2009), ocorre por meio do pensamento como *general intellect*. Por isso o *general intellect* é aqui entendido como “[...] a ciência, o produto do desenvolvimento

¹ Dentre estes, citam-se apenas alguns, em virtude de suas vastas obras, tais como Thomas Kuhn (1992-1996), Karl Popper (1902-1994), Paul Feyerabend (1924-1994), Álvaro Vieira Pinto (1909-1987), Bruno Latour (1947-),

histórico geral em sua quinta-essência abstrata [...]” (MARX, 1987, p. 387).

A Ciência, nesse sentido, produz conhecimentos que vão permitindo na teoria e na prática o domínio e a compreensão da realidade como transcendência de toda a peculiaridade humana, isto é, em seus elementos universais. Ao mesmo tempo, por isso seria cada vez mais difícil, como afirma Cupani (2000), distinguir na prática ciência básica da ciência aplicada e da tecnologia, mas, se considerada a rigor a partir desses termos, se diria que a Ciência hoje é principalmente ciência aplicada ou produção tecnológica, e que a ciência básica é estimulada e permitida porque se supõe implicitamente aplicável (CUPANI, 2011).

Da forma como é, com todos os seus avanços e retrocessos, desinteresses e interesses, verdades e falsas verdades, confiabilidades e inseguranças, a Ciência expressa o modo como os homens produzem sua existência. Nesse sentido, é conhecimento objetivo e real. Sendo a razão máxima burguesa a produção da mais-valia, que traz no seu bojo o desenvolvimento das forças produtivas, negação do processo que a originou, a Ciência é a prática da transformação permanente, portanto, e por isso, só se faz ciência quando há negação – entendendo-se aqui que negar não é destruir. Por isso, as características fundantes de qualquer campo de conhecimento com a razão são a) que a construção do conhecimento tem que romper com o senso comum e b) que o procedimento para construir o conhecimento e chegar a conclusões tem que ser compatível com o campo de conhecimento - este procedimento é histórico na medida em que cabe à história dizer o que é ciência (AUED, 2002).

Assim sendo, a presente tese tem como entendimento que uma das perspectivas possíveis para entender a atual ressignificação da educação, seja como “salvação do velho”, seja como “possibilidades do novo”, é a compreensão da Ciência especificamente como produtora de um tipo de conhecimento, o nanocientífico², posto que, a partir da formulação de Campana (2006), em sua dissertação de mestrado, o desenvolvimento de uma forma de produção *de base científica laboratorial*³ tem se revelado como a chave da reestruturação de processos e proce-

² Nanociência, pode-se dizer, está relacionada com a ciência que trabalha (para) a manipulação da matéria numa escala atômica e molecular, entre 1 (um) a 100 nanômetros, sendo que a escala de 1 nanômetro vale 1 (um) milionésimo de 1 (um) milímetro.

³ Em Campana (2006) a expressão usada foi “sistema de laboratório”, como esforço de diferenciar o laboratório agregado à grande indústria do século XIX como apêndice. Como resultado de aprofundamento, pensa-se que a expressão *forma de produção de base científica laboratorial* exprime adequadamente, em termos material e histórico, a origem, peculiaridade e distinção em relação às duas formas de produção anteriores elucidadas por Marx (1996), quais sejam, da grande indústria moderna e da manufatura capitalista.

dimentos industriais e inclusive científicos, tamanho o seu alcance e profundo impacto sobre a vida humana.

Longa e complexa é a história de como esse tipo de conhecimento veio à tona, tornando-se hoje determinante, como verificado em Campana (2006). No entanto, a nanociência pode ser definida resumidamente como a Ciência voltada para a estrutura da matéria, mediada por processos de decomposição e recombinação dos elementos mais simples da natureza, e que traz em seu bojo a nanotecnologia, isto é, a aplicação dos conhecimentos nanocientíficos⁴.

O que essa nova base revela como novo, na medida em que seu fundamento demonstra ser a decomposição e recomposição do próprio objeto sobre o qual se trabalha?

Machado (1996), estimulada pelas mudanças recentes ocorridas na base material, discorre sobre as mudanças na Ciência e na tecnologia, as quais não somente estariam questionando o princípio educativo inspirado na organização taylorista/fordista do trabalho (propositora da fragmentação, da hierarquização e da individualização de tarefas), mas revelariam o anacronismo e a incapacidade da organização curricular e de ensino de corresponder aos avanços científicos ao manter por base o modelo positivista de classificação e de organização das ciências.

Nesse sentido, no que tange ao trabalho seria patente a transformação do processo de trabalho em processo tecnológico e de pesquisa, verificando-se uma base material e métodos de trabalho similares aos adotados pelos processos da produção cultural e científica, donde os conteúdos e métodos de trabalho estabelecidos anteriormente à essa transformação não satisfizerem as atuais necessidades (MACHADO, 1996).

Segundo Ferreti (2008a), as reformas educacionais empreendidas no Brasil, a partir da década de 1990, afetando vários aspectos da vida escolar, tais como organização curricular, métodos de ensino, materiais didáticos, processos de avaliação, uso do tempo e do espaço e formação do professor, seriam justamente a tentativa de adequar a educação às necessidades atuais do capital que igualam descabidamente conhecimento científico, Ciência e informação.

⁴ “O termo ‘nanotecnologia’ foi criado e definido pela Universidade Científica de Tóquio, no ano de 1974. Entre 1980 e 1990 muitas outras teorias foram elaboradas em cima da definição básica criada por um professor da Universidade de Tóquio. Finalmente, no ano de 2000 a nanotecnologia começou a ser desenvolvida em laboratórios e as pesquisas em cima desta (sic) tecnologia aumentaram significativamente, tanto que hoje ela é o centro das atenções em várias áreas da Ciência” (JORDÃO, 2009, p.1).

Conforme Machado (1996), não obstante, para que deduções apressadas não originem falsamente políticas educacionais, em função de falsas promessas da Ciência e da tecnologia, é preciso um esforço investigativo teórico-prático sobre as mesmas.

Desse modo, na presente tese, pretende-se empreender uma investigação nessa linha, porém somente no tocante à nanociência e produção do conhecimento nanocientífico, sem serem desenvolvidas, por não ser objeto deste estudo, as implicações destes elementos em relação à educação em seu amplo sentido, às políticas educacionais, aos processos educacionais, tais como organização curricular e ensino, dentre outros.

Mesmo porque a produção do conhecimento nanocientífico parece dar fôlego, na forma de uma supervalorização, àquilo que Mueller (2010) critica: à racionalidade instrumental e técnica como modo dominante de produção do conhecimento, apropriado às exigências da produtividade e da eficiência, da reprodução e ampliação do capital, o que significa, evidentemente, a geração de um “capital-saber” que em certa medida salvaguarda a divisão de classes e as estruturas de dominação e discriminação existentes (THERRIEN, 1996). Nesse sentido, são pertinentes questões tais como, o que se faz com o conhecimento produzido, para quem se produz, a quem favorece.

Esses são processos importantes de serem explicitados e, de fato, afloram na presente tese, mas mais do que isso, desejou-se perquirir onde estão as superações do modo de produção capitalista. Pois, assim como a Ciência não é a única forma de produção do conhecimento e de apreensão da realidade presentes na base da vida social (THERRIEN, 1996)⁵, todo processo de afirmação da produção capitalista é, ao mesmo tempo, seu próprio processo de negação, trazendo em seu bojo os elementos possíveis de sua superação.

Isso se distingue metodologicamente em abordar, como afirma Hochman (1994), a relação íntima entre os “mundos científico e social”, remetendo à análise da relação entre os cientistas e destes para com o mundo exterior, enfim, sobre qual é a base de interação e organização dos praticantes da ciência, tal como propõe uma parte da bibliografia no campo da sociologia do conhecimento. O foco metodológico da presente tese não são os indivíduos ou o grupo de indivíduos, ou, ainda, os legítimos praticantes ou produtores do conhecimento e árbitros do que seja

⁵ Therrien (1996) faz essa crítica explicitando outros modos de produção do saber, tais como o saber da experiência do trabalho educacional, o saber gerado nas lutas dos movimentos sociais e o saber da experiência do trabalho de produção material.

Ciência e suas atividades. Contudo, alguns paralelos com as abordagens dos autores clássicos são inevitáveis.

No diapasão da abordagem sociológica, Tomas Kuhn (1976) afirmou que o conhecimento científico é como se fosse uma linguagem, intrinsecamente propriedade comum de um grupo, de modo que para entender esse conhecimento é preciso conhecer as características dos grupos que o criam e o utilizam: a comunidade científica. É uma comunidade autônoma, universalista, cooperativa, insulada e autoreprodutora, com ‘cientistas neutros’ e interessados no progresso de suas disciplinas.

Por outro lado, Pierre Bourdieu (1976), crítico dessa leitura que atribui um lugar especial ao conhecimento científico, à própria noção de comunidade científica, introduziu a noção de campo científico. Para o autor, a autonomia da comunidade científica e da Ciência, como requisito para a eficiência do trabalho científico, deve ser entendida a partir da natureza da sociedade: produtora capitalista de mercadorias. Em síntese, esse autor introduz a sociedade capitalista de classes na análise dinâmica científica, afirmando que a noção kuhniana de revolução científica é mais apropriada para o início da ciência moderna, mas não para o seu desenvolvimento contemporâneo (HOCHMAN, 1994).

A Ciência e sua produção, portanto, para Bordieu (1976), é um caso ou um mercado especial da produção e distribuição capitalista de mercadorias. Logo, ele discorda de que nesse campo exista neutralidade e desinteresse em função do objetivo comum ser o avanço do conhecimento científico e afirma que existem lutas, pois os agentes, que possuem lugares socialmente prefixados, são fundamentalmente interessados em maximizar ou monopolizar a autoridade/competência científica.

Nesse sentido, “o campo científico, instaura-se como um conflito pelo crédito científico”, um capital simbólico, não monetário, uma espécie de capital (leia-se autoridade/competência científica) que é acumulado, transmitido e até reconvertido nesse mercado específico e de concorrência imperfeita: o da produção do conhecimento científico (HOCHMAN, 1994, p. 209). Por isso, para Bourdieu (1976), toda escolha científica, a prioridade nas descobertas, nas invenções que geram produtos diferentes e originais é uma estratégia de investimento dirigida para o ‘lucro científico’.

Como reação a essas macroanálises, Bruno Latour e Steve Woolgar (1997) defendem que é preciso ver a prática da ciência como ela é, ao invés de impor categorias e conceitos estranhos ao mundo dos observados. Desse modo, foram pioneiros em empreender o estudo etnográfico.

co das práticas científicas de laboratório⁶ (HOCHMAN, 1994). Alternativamente ao conceito de comunidade científica, buscaram compreender a prática da ciência a partir das redes sóciotécnicas.

Bruno Latour e Steve Woolgar evidenciaram, dessa maneira, que o laboratório é o local de construção de fatos, o que envolve homens, máquinas, experiências, papéis e estratégias, mas demonstraram os processos que operam na remoção das circunstâncias sociais e históricas dessa construção: um artefato torna-se um fato quando perde todas as suas qualificações espaciais/temporais, sendo incorporado em um amplo campo de conhecimentos (HOCHMAN, 1994).

Nessa linha construtivista, Knorr-Cetina (1981) também afirma que os produtos da prática científica somente podem ser compreendidos como vinculados às práticas que o construíram.⁷ A proposta da autora é superar a noção tradicional de comunidade científica, por ser irrelevante para quem trabalha no laboratório, seja como um modelo de comunidade consensual e cooperativa, seja como um modelo quase econômico de ciência (ou de mercado científico), posto se basearem em visões simplistas do comportamento humano e terminarem em argumentos circulares e funcionais (HOCHMAN, 1994).

Assim, a forma de organização relevante e a interação dos agentes da produção do conhecimento científico devem ser verificadas nas percepções dos participantes dessa produção dentro do laboratório, o que deve ser observado empiricamente, a partir do cotidiano das práticas científicas (HOCHMAN, 1994).

A partir da análise dos microeventos, Knorr-Cetina (1981) deriva o conceito de estrutura social, o que a leva a desenvolver o conceito de ‘campos transcienceíficos ou transepistêmicos’, que remete ao trabalho científico sendo perpassado e sustentado por relações e atividades que transcendem o laboratório e que não são “puramente” científicos, nem não científica.⁸ O caráter transepistêmico, para a autora, está na necessi-

⁶ Esses autores preocuparam-se com as sequências de trabalho, os *networks*, as técnicas de argumentação, evitando a adoção do cientista individual como ponto de partida analítico.

⁷ Partilhada por Latour e Woolgar, essa visão, chamada de interpretação construtivista, critica “tanto o ‘objetivismo’ que separa o produto do processo de sua produção, focalizando o primeiro, como as perspectivas que buscam identificar quais são os interesses sociais que explicam as escolhas e os trabalhos dos cientistas, mas não elucidam como esses interesses e crenças influenciam no cotidiano da produção do conhecimento científico, e como são negociados pelos cientistas” (HOCHMAN, 1994, p. 222).

⁸ São exemplos dessas atividades: as agências de financiamento, administradores, indústrias, editores, diretores de instituições científicas, fornecedores, dentre outros. São também atividades transcienceíficas porque os cientistas estão envolvidos em trocas, desempenhando papéis não científicos como, por exemplo, administradores e negociadores de recursos com implicações técnicas importantes para o trabalho da pesquisa (HOCHMAN, 1994).

dade de negociação, podendo oscilar entre conflito e cooperação, entre os diferentes agentes para solucionarem-se os problemas da pesquisa (HOCHMAN, 1994).

Segundo Knorr-Cetina (2010), que está há 30 anos observando os pesquisadores do *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire* (CERN)⁹, as noções tradicionais na ciência, como carreira, prestígio e autoria, deixaram de ter qualquer significado, ao menos no modelo de produção de conhecimento do CERN (KNORR-CETINA, 2010).

A distinção de Knorr-Cetina em relação a Bruno Latour, para Hochman (1994), situa-se no fato deste autor ser um adepto mais radical da perspectiva micro, o que significa dizer que não é possível uma tradução para a macroanálise, enquanto que para a primeira, é possível observar a emergência de macroestruturas sociais ou a sua reconstrução a partir da interação dos agentes.

Distintamente das abordagens acima mencionadas, de cunho sociológico, a produção do conhecimento científico aqui entendida é reconhecida de acordo com Machado (1996), quando aborda a produção do conhecimento em geral: em seu caráter histórico, dinâmico, provisório, inacabado, condição que decorre da própria historicidade do homem, da interação que estabelecem entre si e para com o objeto, mediados pelo capital como relação social. A nanociência e sua produção, ademais, é um tipo de conhecimento.

A presente tese, em seu aspecto empírico, de objeto de campo, será focada no processo de produção do conhecimento relacionado à microscopia eletrônica de alta resolução e microscopia confocal, tangenciando-se o conhecimento nanocientífico, tal como é feito, pelos homens mediados pelo capital. Sabe-se que no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica da UFSC (objeto de campo da presente pesquisa), apenas uma parte pequena das pesquisas – tecnicamente assim compreendida – é produção “diretamente nanocientífica”, ou seja, manipulação da matéria em escala atômica e molecular. No entanto, considera-se que o objetivo desse laboratório, de permitir análises de estruturas materiais e biológicas utilizando-se escalas muito pequenas (nanométrica, dentre outras), relaciona-se indiretamente com um conjunto de laboratórios da UFSC e de outras Universidades, instituições e empresas que se propõem produzir conhecimentos nanocientíficos e nanotecnologias, senão conhecimentos que confluem para ambos, sendo essa “rede” chamada de Sistema de Laboratórios de Nanotecnologias, como será visto

⁹ Atualmente chama-se Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (*Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire*).

adiante. Portanto, é com essas considerações que continuou-se a utilizar aqui a expressão “conhecimento nanocientífico”, cientes de que o LCME em si é apenas “uma parte” desse amplo processo, e que, mesmo que tecnicamente não seja predominantemente produção nanocientífica, está inserido nesse processo, lógica e tendência que são mundiais.

Para tanto, parte-se do pressuposto de que é possível apreender a lógica, senão a necessidade do movimento do modo como os homens, unidos pela materialidade, produzem a si mesmos como seres humanamente em constituição, por meio do modo capitalista de produção e da forma do intercâmbio e desenvolvimento das forças produtivas na forma de produção científica laboratorial, consubstanciados na produção de conhecimento nanocientífico.

Busca-se estabelecer os nexos, relações e mediações com a educação no seguinte sentido: quais os elementos que a produção nanocientífica laboratorial manifesta em termos da produção do conhecimento e em que medida essa produção evidencia-se como negação das relações capitalistas? É possível que os elementos deste “novo conhecimento” possam colocar novas formas de superação das relações capitalistas? Ou ainda, de negação par além das afirmações do capital?

Assim, o esforço investigativo teórico-prático a respeito da nanociência e da produção do conhecimento nanocientífico em um laboratório de microscopia eletrônica consubstancia-se no seguinte objetivo geral: **compreender se as relações sociais de produção do conhecimento nanocientífico apontam a existência de novas relações sociais.**

Em termos de objetivos específicos os desdobramentos serão:

- assimilar o processo de produção do ‘conhecimento nanocientífico’ a partir do Laboratório Central de Microscopia Eletrônica (LCME) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em seus elementos infraestruturais e institucionais;
- apreender as relações sociais que se estabelecem no contexto do trabalho laboratorial;
- refletir sobre as superações e permanências bem como as mediações no que diz respeito à forma de produção laboratorial, relacionando, na medida do possível, estes elementos à educação.
- interpretar o conceito de *general intellect* e verificar como ele se materializa na produção nanocientífica laboratorial

Cabe esclarecer que esses objetivos se vinculam a uma trajetória de descobertas e indagações, provenientes de múltiplos interesses, para

os quais foram **sendo delineados o marco conceitual e teórico da tese**. Por isso, sua definição como recorte em todos os seus aspectos é provi-sória dentro da abordagem adotada (MINAYO, 1996).

Nesse sentido, esses delineamentos fundam-se – primeiramente - sobre a pesquisa bibliográfica, que permite uma ordenação, ainda que imprecisa da realidade, e a pesquisa de campo.

A pesquisa bibliográfica é condição necessária ao aprimoramento do objeto e constitui tudo aquilo que um pesquisador faz e que Minayo (1996) sistematiza:

a) o estudo (des)contínuo de uma bibliografia ampla (dentro do fôlego teórico) que fortificasse a moldura teórica metodológica dentro da qual o objeto se situa (a busca de vários pontos de vista, dos diferentes ângulos do problema que permitam estabelecer definições, conexões, mediações e sinalizar o estado da arte);

b) a abordagem dessa leitura bibliográfica como um exercício de crítica teórica e prática, ou seja, destacando-se as categorias centrais, os conceitos e as noções usadas pelos diferentes autores e, além disso, os pressupostos teóricos e as razões práticas que subjazem os trabalhos consultados – foi exercício fundamental para o esclarecimento da posição teórica metodológica aqui adotada;

c) o fichamento desse estudo (de livros, artigos, capítulos, documentos, recortes de jornal, notícias de internet), o qual foi classificado e ordenado ora por autor, ora por assunto (onde as matérias - destacando os conceitos usados - foram resumidas e criticadas com anotações), e, ainda, ora por temas (que reúne anotações e resumos sobre questões pertinentes ao contorno do objeto).

Nesse sentido, também foi fundamental a revisão dos caminhos e das categorias analíticas trabalhadas na dissertação de mestrado (base material, ser social, sistema de laboratório, *general intellect*) à luz das leituras advindas do curso de doutorado e da própria pesquisa de campo.

Em segundo, foi condição indispensável e primordial a busca de um *locus* empírico de pesquisa, a qual foi realizada no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica (LCME) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com a aplicação de técnicas diversas de levantamento, tais como: observação livre e participante, registros fotográfi-

cos, filmagens, de documentos, de relatos e registro de informações em um *diário de campo*¹⁰.

Esse laboratório foi selecionado como *locus* da pesquisa por ser aqui entendido como representativo do atual estágio de desenvolvimento das forças produtivas sociais da humanidade como nanociência e sua tecnologia, bem como por seu profundo impacto nas nossas vidas, demonstrando “[...] de forma inquestionável o fascínio e a aptidão humana para a descoberta do novo e a superação de limites” (UFSC-PRPe¹¹, 2005, p. 4).¹²

Inicialmente pretendeu-se efetuar uma observação sistemática, realizada com roteiro, mas, chegando-se ao local, viu-se que não seria adequado em função do desconhecimento sobre os processos, sua alta complexidade e dinamismo. Desse modo, durante o momento preparatório, decidiu-se que seria aplicada uma observação livre, para que se abrangesse o conjunto das relações sociais em seu espaço e tempo, ao invés de limitar ao mínimo possível a realidade aos instantes/aspectos, dando ênfase para pré-determinados elementos na interação. Além disso, devido à interação com a equipe do laboratório e com os usuários, essa observação pode ser caracterizada como participante.

Estimou-se, com base na complexidade do *locus*, que a duração da pesquisa de campo deveria ser algo em torno de 30 dias, ou até que

¹⁰ “Desse caderno constam todas as informações que não sejam registro das entrevistas formais. Ou seja, observações sobre conversas informais, comportamentos, cerimônias, festas, instituições, gestos, expressões que digam respeito ao tema da pesquisa, falas, comportamentos, hábitos, usos, costumes, celebrações e instituições compõem o quadro das representações sociais” (MINAYO, 1996, p.100). Inicialmente, esse caderno era feito em um bloco e com caneta, depois passou-se a fazer os registros diretamente no computador, mas, então, em algumas ocasiões específicas tivemos que retomar ao registro manual, por exemplo, quando da participação das sessões de microscopia. Como o ritmo de anotações foi frenético, somente algumas vezes houve tempo para passar as anotações do papel ao computador, de modo que o “caderno” encontra-se “disperso”, ou seja, parte guardada eletronicamente e parte em papel. Em algumas dessas vezes, quando era efetuada a transcrição do papel ao computador, eram recordados detalhes e impressões que não haviam sido registrados no momento de sua anotação.

¹¹ Antiga denominação para Pró-reitoria de Pesquisa e Extensão, sendo atualmente chamada de Pró-reitoria de Pesquisa (PROPESQ). Para facilitar o acesso às referências bibliográficas será mantida a denominação anterior, de PRPe.

¹² Cabe enfatizar, novamente, que, considerando que na presente tese é tratado sobre a nanociência e nanotecnologia, apenas uma pequena parte das pesquisas feitas no LCME envolve esses dois aspectos (cujo princípio básico é a construção de estruturas e novos materiais a partir de átomos). Grande parte de suas pesquisas é sobre morfologia e estrutura, cujas unidades de medida envolvem nanômetros, dentre outras. Apesar disso, foi aqui considerando como um laboratório integrante ou complementar a esses dois aspectos, pois os conhecimentos lá produzidos servem de subsídios para as pesquisas com esses enfoques. Ademais, integram o Sistema de Laboratórios de Nanotecnologias (SISNANO), como será visto adiante.

as informações começassem a se repetir. De fato, desde o primeiro dia de observação (29 de abril de 2010) até o último dia de convívio com “a vida no laboratório” (30 de junho de 2010) foram 43 dias de contato, perpassados por sentimentos de estranhamento, intrusão, envolvimento e até mesmo identificação, a tal ponto de o pesquisador perder-se sobre o que esta ali observando no final das contas e passar apenas a sentir o que era aquele intenso dia-a-dia, muitas vezes, com descontrações, calmarias, tensões e frustrações. Afinal, embora seja distinta a roupagem da pesquisadora e a dos sujeitos da pesquisa, foi familiar a atividade científica como meio de vida.

As entrevistas semiestruturadas, inicialmente previstas quando da qualificação, se mostraram um instrumento inadequado pelo fato de a observação participante e livre ter respondido às indagações previstas, de o número de agentes vinculados ao LCME, tanto do laboratório como da própria Universidade, ser pequeno, podendo comprometer e revelar a identidade dos participantes. No entanto, as informações secundárias obtidas em documentos e a observação revelam muito mais elementos do que o fato de ser o único Laboratório Central de Microscopia Eletrônica, de caráter multiusuário e multidisciplinar, público, gratuito, e que está aberto a todos os pesquisadores de sua Universidade (sejam professores ou estudantes), vinculados às áreas da física, química, biologia, engenharia de materiais, odontologia, dentre outras.

Uma distinção importante que decorre da observação, mas que precisou ser teoricamente diferenciada, é entre o que aqui é chamado de equipamento (ou seja, os principais microscópios eletrônicos, além do confocal¹³), aparelho (de preparação/elaboração de amostras), instrumentos (pinças, colas, palitos etc) e insumos (matérias primas e produtos químicos). Outra distinção que aparece, porém não sem contradições, é entre as denominações formais dos envolvidos na pesquisa, os chamados ‘professores, técnicos e estudantes’, ou ainda, entre ‘técnicos e usuários’ dos LCME, *versus*, uma denominação fundada nos fatos e que pode ser de ‘sujeitos pesquisadores’.

Especificamente sobre o referencial bibliográfico, este foi delimitado em função do tema envolvido: a dissertação de mestrado e os referenciais teóricos de pensadores da teoria crítica da educação, bem como da história, filosofia, geografia, economia e ciências sociais, conside-

¹³ Esse equipamento foi incluído no presente estudo por permitir a visualização de imagens de diferentes planos do objeto, fazendo a sua sobreposição, possibilitando a criação de imagens tridimensionais.

rando a possibilidade, pertinência ao assunto e necessidade, conforme exposto no texto de qualificação da tese.

Cabe enfatizar que a abordagem teórica e metodológica aqui proposta situa-se entre aquelas predominantemente marxistas. Há o anti-humanismo que privilegia abusivamente a teoria (a qual não pode dizer o homem nem os homens) em detrimento da experiência; o humanismo que põe uma instância transcendental (o homem e a lei moral); o historicismo que supõe um poder constitutivo universal (para a teoria também) da “história concreta” e, finalmente; o anti-historicismo com a teoria dominando um tempo absolutamente estranho a toda constituição (FAUSTO, 2002). Todas, não obstante, contribuem para a formulação alternativa que se busca seguir, principalmente na medida em que já existem críticas às mesmas, consideradas por Fausto (1987, 2002), de ‘falsas leituras’ do marxismo.

As duas primeiras leituras pertencem ao âmbito da política marxista e as seguintes, ao da teoria marxista, donde aspiramos conseguir absorver neste trabalho que:

assim como a política marxista não é nem um humanismo nem um anti-humanismo, a teoria marxista não é nem um discurso da consciência, nem um discurso da ciência enquanto negação abstrata da consciência. A teoria marxista é da ordem da consciência “negada” em ciência, consciência “negada” em conceito. Como a oposição humanismo/anti-humanismo, a oposição consciência e ciência é antinômica enquanto ela se mantém nos limites do entendimento, e se resolve rigorosamente pela *Aufhebung*¹⁴ (FAUSTO, 2002, p. 252).

¹⁴ *Aufhebung* seria melhor entendido, segundo o autor, como “supressão” (com aspas, pois esse termo não consegue expressar o elemento positivo) ao invés de “superação”, pois esse último termo expressaria um entendimento específico do conceito de praxis (o do historicismo), ao qual faz crítica. Embora o autor não forneça com todas as letras o significado do termo *Aufhebung*, pode-se dizer que caracteriza uma conservação relativa do que já foi superado, através da manifestação de potencialidades e tendências anteriormente latentes. Entretanto, o autor esclarece sobre esse termo na seguinte passagem: “a noção de *praxis*, tal como ela é utilizada correntemente pode servir como ponto de partida para uma crítica do uso historicista das noções de consciência, e de memória ou lembrança. Tal como ele é apresentado correntemente, o movimento da *praxis* é, apesar das aparências, um movimento contínuo. A *praxis* enquanto tomada de consciência e movimento de negação do objeto, contém sem dúvida rupturas entre o sujeito e o objeto, mas no discurso e na prática historicistas essas rupturas são sempre solidárias da condição de sua superação [NOTA DO AUTOR: ‘Superação’ é uma má tradução para *Aufhebung* hegeliana, que prefiro traduzir por ‘supressão’ (com aspas), ainda que, em ‘supres-

É importante esclarecer que essa abordagem não tem a pretensão de esgotar-se aqui. Segundo Fausto (2002), um bom conhecimento de Marx, capaz de responder de maneira convincente a argumentos críticos, é, apesar de tudo e paradoxalmente, insuficiente para as necessidades teóricas e práticas do presente e um entrave à crítica do Marxismo.

Neste sentido, toda a crítica de Marx deve partir do que ousaria chamar de “melhor marxismo”, o mais sutil, o mais complexo, o mais distante da leitura vulgar. Porém uma vez reconstruídas as poderosas máquinas de guerra teóricas do marxismo, trata-se de mostrar quais são os seus pontos cegos, por onde, apesar de tudo, elas se revelam inadequadas - se é que alguma vez foram adequadas - para enfrentar os problemas do nosso tempo (FAUSTO, 2002, p. 12).

Dessa maneira, por exemplo, é que Fausto (1987, v.I) faz a crítica da apresentação marxista da história a partir da análise do “esquema de

são’, falte o aspecto positivo. Ver a esse respeito MPL [Marx, lógica e política] I, p.170, n.24, e Paulo Eduardo Arantes, *Hegel: a ordem do tempo*, São Paulo, Polis, 1981, p. 240. Aqui se trata, porém, da *Aufhebung* reduzida a um contínuo. A má tradução se impõe, então, como uma boa descrição do universo historicista (FAUSTO, 2002, p. 262)]. Cada vez que se estabelece uma ruptura, são dadas ao mesmo tempo, de um modo imediato, as condições para superá-la. Ora, essa continuidade do movimento da *práxis* é assegurada exatamente pela consciência (pela tomada de consciência) e pela memória. É a tomada de consciência e a memória do sujeito que tornam possível o ‘preenchimento’ de cada ruptura. Analisar criticamente as noções de ‘consciência’ e de ‘memória’ no seu emprego historicista significa, assim, mostrar como o movimento da *práxis* remete ao contínuo, como nele as descontinuidades são sempre *evanescentes*, e mostrar as dificuldades dessa continuidade. Se a *práxis* nunca estabelece verdadeiras descontinuidades é, por um lado, por causa da mentira pela qual o historicismo pensa a relação sujeito/objeto (e por sua concepção do sujeito), e por outro por causa do modo pelo qual concebe o tempo. A análise do primeiro aspecto do contínuo historicista nos leva à crítica da maneira historicista de pensar a idéia de consciência (considerada num primeiro nível), a análise do segundo à crítica do ‘uso’ historicista da noção de memória. Se no movimento da *práxis* (tomada sempre em forma historicista) reiteram-se as rupturas entre sujeito e objeto, essas rupturas são absorvidas pelo contínuo, porque o objeto, embora seja um obstáculo para o sujeito, é sempre objeto no seu campo, objeto *para ele*. Para o historicismo, e em particular para a política historicista, se o objeto a ser enfrentado, no caso as estruturas capitalistas, é um obstáculo, ele é na realidade um obstáculo que o sujeito encontra no seu *pro-jeto*; e a compreensão do objeto não faz mais do que prolongar a consciência que o sujeito tem de si mesmo. O exemplo extremo de uma tal inerência do objeto ao campo de inteligibilidade do sujeito, poderia ser encontrado no jovem Luckács, quando ele afirma, a propósito do processo revolucionário na Hungria, que a verificação do grau de amadurecimento do capitalismo (portanto a leitura do objeto), visando conhecer as possibilidades da revolução, poderia ser dada pela análise ‘auto-consciente’ da vontade do proletariado (portanto pela inspeção do sujeito) (...)” (*sic*) (grifos do autor) (FAUSTO, 2002, p. 232).

sucessão dos modos de produção”. Trata-se, nesse volume, de um movimento de volta aos princípios fundamentais, *de análise do conteúdo dos pressupostos por meio da análise das categorias fundamentais do discurso* que ilumina o uso de categorias modais como “desenvolvimento histórico”, “contingência e necessidade”, o emprego das noções de “forma e de matéria”, das noções de “limites e barreiras” (FAUSTO, 1987, v.II).

Donde sua contraposição a um certo “marxismo dogmático”, preso à teoria da história como “teoria da produção”. A posição de Fausto, que vai ao encontro de uma postura metodológica diferenciada para se estudar Marx, torna-se importante a partir do último terço do século XX, num contexto em que os marxistas se perderam na interpretação da realidade e que, para entendê-la, é preciso uma volta aos textos originais de Marx (FAUSTO, 2002), mesmo numa época em que muitos joguem a última pá de cal sobre seus ombros.

Decompondo o discurso de Marx, o objetivo central de Fausto (2002) é pensar de forma lúcida a realidade política e ética deste início de milênio: em que pontos o discurso de Marx pode ser resgatado? Em que pontos pode haver confluência com a realidade atual? Procede, então, a um estudo sério, complexo e muito interessante para um recomeço do marxismo.

A tese ora apresentada segue em geral a ordem de investigação da pesquisa de campo e está organizada em quatro capítulos. Visando facilitar a leitura, achou-se prudente sinalizar em cada início de capítulo o seu objetivo, e em cada fim, os apontamentos relevantes.

Rejeita-se, pois, na presente tese, a linearidade tanto de uma “construção do alto”, como uma “construção de baixo” (FAUSTO, 1987, 2002); bem como a linearidade de uma construção da teoria da história (WOOD, 2003) para a apreensão dos elementos de “supressão” do modo de produção; e, ainda, a afirmação da pseudoconcreticidade, da práxis em seu aspecto fenomênico (KOSIK, 2010).

Por um lado, intenciona-se compreender as relações sociais de produção no espaço científico-laboratorial selecionado, a partir da observação teórica e empírica do cotidiano dos servidores técnicos do LCME. Se as forças produtivas de base científica laboratorial - supondo-as representadas pelo LCME/UFSC - são o que existe de mais avançado, em termos de materialidade posta, é possível a existência de relações sociais de produção igualmente avançadas?

Nesse sentido, inicialmente lança-se mão do conceito thompsoniano de experiência, visando evidenciar o grau com o qual contribuem conscientemente no fazerem-se da história para além de sua condição

inicial de produção, sem buscar com isso reafirmar primazias empíricas ou teóricas, ou ainda primazias dentro de uma teoria da história (por exemplo, das relações sociais em contraposição excludente às forças produtivas, ou vice-versa).

Por outro lado, como pressuposto, busca-se apoio não somente nas diversas formulações de Karl Marx em sua obra (tais como transição, manufatura, grande indústria moderna, *general intellect*, Ciência, ser social, dentre outras), mas também no materialismo histórico que permite refletir/repensar algumas das formas como foram concebidas suas categorias principais (KOSIK, 2010): classe (FAUSTO, 2002, WOOD, 2003), consciência e ciência, memória e esquecimento, teoria (saber) e experiência (THOMPSON, 2002), forças e relações de produção, base, superestrutura, a separação entre o “político” e o “econômico”, o entendimento de “história” e “determinismo tecnológico”, de “história” e “teleologia” (WOOD, 2003, TORRIGLIA, CHAGAS, 2008).

O primeiro capítulo focará o espaço do LCME, da UFSC, bem como trará à tona a condição e o debate de se produzirem conhecimentos de base científica laboratorial como “instâncias” de fortaleza do e para o capital. Busca tratar, além disso, das relações institucionais, do nascimento do LCME e do contexto nacional de relações nanocientíficas no qual está inserido. São descobertos os interesses em jogo, as necessidades do capital.

O segundo capítulo tratará do que é a produção de base científica laboratorial em nível de suas ciências, tecnologias, técnicas envolvidas e os microscópios eletrônico e óptico em seus aspectos distintivos funcionalmente. Virá à tona o fato de que o microscópio eletrônico não é o único fundamento do processo.

O terceiro capítulo, ao buscar evidenciar as peculiaridades de cada microscópio, trará à tona relações que não eram esperadas: a respeito do processo de preparação/elaboração das amostras. Desse modo, novas descobertas surgirão.

Finalmente, o último capítulo visa evidenciar o LCME não somente como um espaço especial, privilegiado, produtor de conhecimento nanocientífico, mas também porque é o produto histórico da humanidade, que agora produz sua vida por meio dos homens pensantes e de meios adequados para tal, fundados no objeto em si sobre o qual se trabalha. No entanto, essa realidade será muito mais complexa, profunda e rica do que se pode supor, contendo nuances importantes que jamais poderiam ter sido reveladas sem o estudo de campo.

CAPÍTULO 1 - AS FORTALEZAS DO E PARA O CAPITAL: O ESPAÇO DE SE PRODUZIR CONHECIMENTOS NANOCIENTÍFICOS E SUAS MEDIAÇÕES

O objetivo desse capítulo será evidenciar os espaços físicos, institucionais e relacionais que inicialmente constituem o LCME: como laboratório multiusuário e diretamente vinculado à Pró-reitoria de Pesquisa (PRPe, atualmente denominada PROPESQ), porém dentro de uma lógica abrangente de produção dos conhecimentos nancientíficos. Também, convém destacar o quanto isso tudo custa financeiramente à sociedade e como que vem delineando-se a apropriação desse espaço e do conhecimento que ele auxilia a produzir.

1.1 O espaço do Laboratório Central de Microscopia Eletrônica (LCME)

O Laboratório Central de Microscopia Eletrônica (LCME), outrora denominado Centro de Microscopia Eletrônica, da UFSC, teve sua implantação aprovada em 2005, quando então foi preciso preparar o projeto institucional para atender à Chamada Pública¹⁵ (UFSC-PRPe, 2005).

O primeiro impacto desse Laboratório - como representativo do atual estágio do desenvolvimento das forças produtivas sociais¹⁶ da humanidade como nanociência e sua tecnologia - deu-se em função da estrutura física desse prédio, consonante com o imaginário popular de um templo de produção do saber e conhecimento, com uma grandiosidade condizente com o que os estudos ali produzidos resultam em termos de transformações na sociedade, principalmente em virtude de produtos tecnológicos (GUAZZELLI, PEREZ, 2009).

Trata-se de um grande espaço por fora (Foto 1), com cômodos internos amplos, limpos, bem iluminados, seja natural seja artificialmente. Verifica-se uma predominância da cor branca, com os mármores em tons claros e o piso branco, o ambiente climatizado, dois banheiros amplos, inclusive um terceiro (para portadores de necessidades especiais), a existência de equipamentos microscópicos em salas individuais e apare-

¹⁵ Chamada Pública MCT/FINEP/CT-INFRA – PROINFRA – 01/2004 - Seleção pública de propostas para apoio a projetos institucionais de implantação de infraestrutura de pesquisa.

¹⁶ Entendidas como o conjunto da força de trabalho humana como trabalho vivo e trabalho passado.

lhos de preparação de amostras distribuídos em duas salas, bem como os instrumentos e insumos requeridos, uma cozinha equipada, a sala dos servidores técnicos (com computadores e impressoras) e um miniauditório com projetor multimídia.

Essa é a primeira caracterização que pode ser evidenciada em uma visita: 450 m² de área construída, sendo que os recursos imediatos e mediatos requeridos para construí-lo e equipá-lo não deixam de impressionar.

Foto 1 – Panorâmica 1 do LCME/UFSC, localizado atrás da ala B do Restaurante Universitário



Fonte: Disponível em < <http://www.panoramio.com/photo/41122094> >. Acesso em 24 mar. 2013. Autoria: Ricardo Mercadante.

Esse prédio foi pensado para suprir várias demandas, conforme visto na Planta Baixa (Anexo 1), a partir da necessidade de abrigar quatro supermicroscópios eletrônicos¹⁷, sua razão de existir.

- um Microscópio Eletrônico de Transmissão de 100 kV (MET 100), destinado a análise de sistemas orgânicos/biológicos (Foto 2).

¹⁷ Cabe esclarecer que na microscopia eletrônica básica existem três tipos fundantes desse equipamento: de transmissão, de varredura e de varredura por tunelamento, sendo que esse último tipo é inexistente no LCME.

- um Microscópio Eletrônico de Transmissão de 200kV (MET 200), destinado a análise de metais e cerâmicas (Foto 3).
- um Microscópio Eletrônico de Varredura de Alta Resolução MEV-FEG (*field emission gun*, em inglês) (Foto 4).
- um Microscópio Eletrônico de Varredura Convencional (MEV) (Foto 5).

Foto 2 - MET 100 – Microscópio Eletrônico de Transmissão 100 KV, modelo JEM-1011



Fonte: <<http://www.lcme.ufsc.br>>. Acesso em 3 mar. 2010.

Foto 3 - MET 200 – Microscópio Eletrônico de Transmissão 200 KV dedicado à ciência dos materiais, modelo JEM-2100



Fonte: <<http://www.lcme.ufsc.br>>. Acesso em 3 mar. 2010.

Foto 4 - MEV-FEG - Microscópio Eletrônico de Varredura de Alta Resolução, modelo JEOL JSM 6701F



Fonte: <<http://www.lcme.ufsc.br>>. Acesso em 3 mar. 2010.

Foto 5 - MEV – Microscópio Eletrônico de Varredura, modelo JEOL JSM-3690LV



Fonte: <<http://www.lcme.ufsc.br>>. Acesso em 3 mar. 2010.

A principal característica desses equipamentos é a existência de um feixe de elétrons que se propaga no vácuo; logo, não são utilizados elementos ópticos (tal como lentes de cristal/vidro, como no caso de um microscópio convencional, que ilumina o objeto com luz visível ou luz ultravioleta), mas “lentes” especiais - na verdade são bobinas -, do que resulta uma ampliação e um poder de resolução muito maior (DIAS, MOREIRA, s.d).

Com uma alta capacidade de ampliação e poder de resolução, esses equipamentos exigem condições específicas de funcionamento, como piso especial para impedir qualquer vibração mecânica, salas individuais e grandes, localizadas no térreo, mantidas a baixas temperaturas constante e controladamente, paredes revestidas com material à prova de vibrações sonoras, limpeza diária dos equipamentos e das salas com um pano seco ou aspirador de pó.

O LCME, como espaço congregador desses quatro microscópios, foi concebido com uma questão estratégica para a Universidade:

foi criado com o intuito de disponibilizar os equipamentos de microscopia eletrônica e confocal de

forma organizada, racional e democrática ao ensino e pesquisa, caracterizando o seu objetivo multiusuário e multidisciplinar. Com este laboratório, a UFSC passa a ser uma das poucas instituições que agrega em um mesmo espaço, um conjunto de equipamentos de grande porte destinados a multiusuários na área de microscopia (UFSC-PRPe, 2008, p. 24).

A UFSC como instituição - na figura da reitoria, especificamente do gabinete do reitor - foi a responsável direta pela criação do LCME, que “constitui-se em um órgão suplementar da Universidade Federal de Santa Catarina, criado nos termos da Resolução nº 005/CUn/2007¹⁸, com subordinação direta ao Reitor que poderá atribuí-la ao Pró-Reitor de Pesquisa”, como reza o art. 1 do Regimento Interno do LCME (UFSC-GR, 2007, p. 1).

O planejamento, execução e inauguração do LCME se deram entre 2004 e 2007, demandando um aparato inicial (e mesmo posterior) originado 100% com recursos públicos.

O projeto inicial custou quase R\$ 5 milhões: financiado pela FINEP, por meio do CTInfra - Fundo Setorial de Infra-Estrutura, em R\$ 4,6 milhões, e com recursos da própria UFSC em R\$ 400 mil (UFSC-PRPe, 2007, p. 11-12), para aquisição de móveis, calçamento, equipamento multimídia etc. Sua manutenção, estimada em R\$ 150 mil anuais em 2007 (em valores de 2007), segue predominante ainda nessa linha, com recursos públicos, apesar da intenção originária de serem estipuladas taxas de uso para a comunidade universitária (UFSC-PRPe, 2007; UFSC-CC, 2010, p. 12), especificamente a externa à UFSC, o que se concretizou em 2010.

O projeto iniciou com a coordenação do professor Jorge Mário Campagnolo, diretor do Departamento de Desenvolvimento de Projetos, da Pró-Reitoria de Pesquisa à época, que informou que tudo começou em 2004, sendo um projeto pioneiro no Brasil¹⁹, pois um laboratório multi-usuário, “[...] *um modelo de uso coletivo que traz à UFSC uma característica única*” (BOTELHO *apud* REIS, 2007)²⁰. Na ocasião, ele era o representante da UFSC frente ao FINEP, mas precisava de apoio

¹⁸ A Resolução nº 005/CUn/2007 não está disponível via acesso pela internet, nem na página do Conselho Universitário da UFSC < <http://cun.orgaosdeliberativos.ufsc.br/> >, nem pela da Procuradoria Federal da UFSC, < <http://procuradoriafederal.ufsc.br/normas-da-universidade/resolucoes/> >.

¹⁹ Informações obtidas em 23 de outubro de 2010, na PRPe.

²⁰ A declaração entre aspas trata-se da fala de Lúcio Botelho para a reportagem de Reis (2007).

institucional para seguir adiante com o projeto, o que obteve do vice-reitor e do reitor da época.

Foi explicado que o montante inicial foi cerca de R\$ 2.443.000,00, provindo do CT-Infra 01/2004 Proinfra, o que, devido à aplicação, tornou-se cerca de R\$ 3.000.000,00, com o que se adquiriu dois microscópios auxiliares e aparelhos de preparação de amostras. Depois, com o CT-Infra Multiusuários adquiriu-se outros dois microscópios auxiliares, com o montante de R\$ 1.600.000,00.

Já com o chamado do CT-infra Proinfra 01/2006, no valor de R\$ 700.000,00, adquiriu-se o Microscópio Confocal (que é um microscópio fluorescente, cuja iluminação é feita por um feixe delgado de raios laser que varre o corte iluminado). Esse equipamento acabou sendo selecionado para o presente estudo (Foto 6, a seguir), por ser especial: permite visualizar imagens de diferentes planos do objeto e faz a sua sobreposição, possibilitando a criação de imagens tridimensionais.

Foto 6 - Confocal – Microscópio de Fluorescência Confocal, TCS SP5 Leica



Fonte: <<http://www.lcme.ufsc.br>>. Acesso em 3 mar. 2010.

Em termos de equipamentos existem atualmente no LCME-UFSC, portanto, além dos quatro microscópios eletrônicos, microscó-

pios ópticos e dois microscópios de fluorescência (sendo um destes, o Confocal).

Posteriormente, foram obtidos recursos da chamada pró-equipamentos CAPES, no valor de R\$ 500.000,00, e a última Chamada Pública aprovada foi em 2009 (isto é, até o momento de realização dessa pesquisa, em 2010), no valor de cerca de R\$ 1.000.000,00.²¹

Portanto, o LCME significou um investimento direto fixo básico inicial de cerca de R\$ 6,7 milhões (valor não corrigido para o corrente ano), valor alto se servir de parâmetro para um investimento privado, individual. Isso, ainda, sem se considerar o terreno onde está localizado, dentro do campus da UFSC e, por suposto, com o devido resguardo do patrimônio em termos de segurança.

Em 2007, uma Comissão de Implantação do LCME²² foi constituída e representantes dos diferentes centros de ensino integrados à proposta elaboraram o Regimento para uso do setor (UFSC-GR, 2007, da qual o Regimento é anexo), o que incluiu critérios para seleção dos trabalhos a serem realizados no laboratório e a estipulação de taxas de uso, as quais já foram aprovadas de acordo com UFSC-CC (2010).

Sua inauguração ocorreu em 20 de novembro de 2007. Conforme o artigo 2 de seu Regimento Interno, seu objetivo é:

alavancar a pesquisa científica e tecnológica desenvolvida na Universidade Federal de Santa Catarina e em outras instituições parceiras, tanto no aspecto qualitativo quanto quantitativo, mediante a disponibilização de recursos de microscopia eletrônica (UFSC-GR, 2007, p. 2).

Na mesma linha, para a PRPe:

²¹ Todos os valores aqui apresentados não são corrigidos. Os valores exatos obtidos em 2004 e 2009 foram, respectivamente, de R\$ 2.665.000,00 (para o projeto “Implantação do Centro de Microscopia Eletrônica”, conforme Resultado da Chamada Pública MCT/FINEP/CT-INFRA – PROINFRA – 01/2004, em nível de Brasil) e R\$ 1.028.642,00 (conforme o Resultado da Chamada Pública MCT/FINEP/CT-INFRA – PROINFRA – 01/2009, em nível de Brasil, que incorreu em recursos para oito subprojetos para a UFSC, incluindo subprojeto de complementação e manutenção do LCME).

²² Formada na ocasião pelos professores: “Ademir Neves – Química – CFM, Aimê Rachel Magenta Magalhaes – (...) [Agricultura – CCA] (...); Aloísio Klein – Engenharia Mecânica – CTC; Ana Maria Maliska – Engenharia Mecânica – CTC; André Avelino Pasa – Física – CFM; Guilherme Lopes; Jorge Mário Campagnolo – Engenharia Elétrica – CTC; Pedro Henrique Araujo – Engenharia Química e de Alimentos – CTC; Zenilda Bouzon- Biologia Celular, Embriologia e Genética – CCB” (UFSC-PRPe, 2007, p.12).

As áreas de saúde, biologia, eletrônica, química e de materiais estão entre as que mais avançam com o desenvolvimento do universo nano, onde o princípio é a construção de estruturas e novos materiais a partir dos átomos.

E o LCME vai possibilitar avanços nos estudos de pesquisadores de áreas como física, química, biologia, agronomia, farmácia, farmacologia, odontologia, engenharia de materiais e engenharia química (UFSC-PRPe, 2007, p. 12).

O ano de 2008 foi o que marcou o início das atividades do LCME, quando “os quatro microscópios eletrônicos, adquiridos com recursos da FINEP, entraram em funcionamento, permitindo que várias pesquisas fossem desenvolvidas” (UFSC-PRPe, 2008, p. 24). A contratação dos servidores técnicos se deu pelo concurso do edital n.39, de 1 de julho de 2008. No início foram contratados dois servidores técnicos, depois foram chamados mais três, totalizando cinco:

Quadro 1 – Corpo técnico do LCME pelo concurso de 2008.

Campo de conhecimento	Operação
Engenheiro de materiais	MEV e FEG
Físico	MET 100 e MET 200
Técnico em Física	MET 100 e MET 200
Biólogo	MET 100 e Confocal
Técnico em Biologia	MET 100 e Confocal

Fonte: UFSC-PRPe (2008, p. 24).

O LCME contabiliza também um técnico cujo campo de conhecimento é a química e que opera o MEV. Além da equipe técnica comumente pode haver bolsistas pós-doutorado alocados (especialistas em alguns dos microscópios acima).

Segundo o Relatório de Gestão 2008, da PRPe:

No segundo semestre de 2008 foi instalado um microscópio confocal também adquirido com recursos da FINEP, onde estão sendo treinados dois técnicos para atender a demanda de pesquisa nas áreas biológicas, agrárias e da saúde. Também no segundo semestre foram e estão sendo adquiridos equipamentos de pequeno porte para viabilizar o funcionamento dos laboratórios de pré-

microscopia das áreas biológicas e dos materiais. O anfiteatro do LCME foi equipado com projetor multimídia e acessórios e está sendo utilizado para diversas atividades as quais incluem ensino e pesquisa (UFSC-PRPe, 2008, p. 24).

Esse é o LCME e aqui termina sua descrição geral e aparente do que é em termos infraestruturais, os microscópios como o principal elemento e a história de como foi criado. Entretanto, para a compreensão desse espaço em termos de sua complexidade e realidade quanto às relações sociais que o permearam e o permeiam, mas que não aparecem imediatamente é preciso considerar o espaço da UFSC como espaço de mediações intermediárias e de mediações amplas da criação e desenvolvimento do LCME.

1.2 O espaço da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Em 2005, ano seguinte ao início do projeto do LCME coordenado pelo Professor Campagnolo, a UFSC tinha sido considerada:

como a 6^a. universidade entre as IES de língua portuguesa, a 8^a. da América Latina, a 23^a. da Iberoamérica e a 464^a. no *ranking* mundial dentre as 2.000 universidades classificadas.²³ A UFSC é ainda qualitativamente falando a 4^a. universidade brasileira na graduação e a 5a. na pós-graduação, entre as cerca de 1.800 IES do Brasil (MEC, 2005). (UFSC-PRPe, 2005, p. 5).

Além disso, recentemente a UFSC tinha criado a Pró-reitoria de Pesquisa, separando-a da Pró-reitoria de Pós-graduação (na reestruturação administrativa de 2004):

[...] trabalhando assim no sentido de institucionalizar as atividades de pesquisa e ampliar suas áreas de abrangência, além de consolidar as áreas

²³ Tratou-se de um “[...] estudo (<http://www.webometrics.info>; 2005) feito por meio de uma pesquisa com 2.375 acadêmicos do mundo inteiro, segundo a análise de disciplinas combinada com detalhes como a relação entre o número de professores e estudantes, o número de professores estrangeiros, o número de trabalhos de pesquisa publicados, além da opinião de empregadores de todo o mundo sobre quais universidades eles se utilizam para recrutar novos funcionários” (UFSC-PRPe, 2005, p.5).

já desenvolvidas, no âmbito nacional e internacional. (UFSC-PRPe, 2005, p. 4).

Evidentemente, as posições da UFSC no âmbito nacional e internacional melhoraram nos anos seguintes, senão mantiveram-se significativamente positivas. Conforme os Relatórios de Gestão da PRPe, de 2006 a 2011, verificou-se que a posição da UFSC, em termos de IES de língua portuguesa, variou entre a 3^a e 5^a, com predomínio da 3^a posição. Entre as universidades da América Latina, sua posição oscilou entre a 4^a e 7^a; e no *ranking* mundial - que considerou, dependendo do ano, entre 2.000 e 6.000 universidades classificadas -, variou entre as posições 134^a e 381^a.

Trata-se de uma Universidade que tem procurado nos últimos anos afirmar-se cada vez mais internacionalmente e que, como decorrência, vem focando no âmbito interno a pesquisa em termos de análise de desempenho por meio de indicadores de pesquisa qualitativos e quantitativos, conforme os Relatórios de Gestão anuais da Pró-reitoria entre 2005 e 2011.²⁴

Anualmente, a UFSC recebe entre R\$ 250 a 300 milhões desvinculados do orçamento para execução de projetos, o que significa, por exemplo, que não necessariamente parte desses recursos esteja sendo utilizada para melhorar a infraestrutura de pesquisa da instituição.²⁵ E esse valor não deve ter apresentado significativa variação nos anos anteriores, de modo que não é equivocado afirmar que da tríade ensino, pesquisa e extensão, a pesquisa é a que envolve maior volume de recursos desvinculados do orçamento.

Esse volume de recursos condiz com a infraestrutura da UFSC, medida por indicadores de conteúdo como espaço físico, laboratórios,

²⁴ Esses indicadores são da produção científica e intelectual, da existência de grupos de pesquisa e suas interrelações e resultados, da ampliação dos projetos por meio da captação de recursos e financiamentos (nas figuras do Departamento de Projetos, vinculado à PRPe, do FUNPESQUISA, da Cooperação Internacional promovido pela CAPES, dos convênios público-privados, dos projetos sociais e das Fundações, especificamente, FEESC, FAPUE e FAPESC), dos resultados do Programa PIBIC/CNPq, dos números de propriedade intelectual e patentes, dos convênios nacionais e internacionais (tanto de caráter público como privados) (UFSC-PRPe, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011).

²⁵ Informação verbal de Elias Machado, Diretor de Projetos da Pró-reitoria de Pesquisa, na reportagem de UFSC-PRPe. In: **Reunião discute fluxo para tramitação de projetos**. 21 nov. 2012. Disponível em < <http://noticias.ufsc.br/2012/11/21/reuniao-discute-fluxo-para-tramitacao-de-projetos-na-ufsc/> >. Acesso em 16 mar. 2013. Na reportagem não é informado de onde provêm esses recursos, se da esfera pública ou privada e nem o percentual, no entanto, imagina-se que boa parte seja oriunda da esfera pública, considerando-se a preocupação da reitoria em mapear e acompanhar sua destinação.

rede de bibliotecas, equipamentos, manutenção, serviços terceirizados e de apoio administrativo, segurança patrimonial e pessoal.²⁶

O surgimento do LCME aconteceu numa década de ampliação do espaço físico da Universidade²⁷, de crescimento do número de livros, periódicos, *e-books*²⁸ e de bolsas de pós-graduação²⁹. Até mesmo a existência do Restaurante universitário é importante ao funcionamento regular do LCME.³⁰

Essas constatações denotam a infraestrutura geral que capacita diretamente a produção de conhecimento no LCME, pois constituem as condições gerais postas com que se deparam servidores técnicos e usuários do LCME (bem como futuros usuários). Essas condições gerais estão materializadas predominantemente como trabalho passado. Entretanto, é o trabalho vivo que as reproduzem ao colocar em movimento o trabalho passado, apesar de que, ao mesmo tempo, é feito/determinado por essas condições gerais.

A UFSC como instituição social e de porte (quase como uma “coisa” viva) é a estrutura imediata à qual a comunidade universitária, especialmente, o LCME, seus servidores técnicos e funcionamento operacional estão vinculados. Não há como negar que parece, no tocante à pesquisa, como uma grande engrenagem da qual somos partes e que objetiva um fim comum. No caso do LCME, a subordinação é diretamente ao gabinete do reitor, manifestando-se entre estes dois espaços relações sociais específicas decorrentes do entendimento da UFSC quanto ao seu próprio objetivo como instituição de pesquisa e seu modo de alcançá-lo:

²⁶ Programa de Autoavaliação Institucional. Sem data. Disponível em < <http://www.paai.ufsc.br/arquivos/infraestrutura.pdf> >. Acesso em 16 mar. 2013.

²⁷ Dados da Pró-reitoria de Planejamento e Orçamento (PROPLAN) revelaram que, entre 2001 e 2010, o crescimento em termos de área construída, dentro do campus, foi progressivo, passando de 274.522,78 m², em 2001, para 353.443,89 m², em 2010 (UFSC-PROPLAN, 2011, p.7).

²⁸ Quanto à Biblioteca Universitária Central, a PROPLAN indicou, em 2007, o registro de 293.290 livros, 281.605 periódicos, 174 *e-books*, ao passo que quatro anos depois, ou seja, em 2011, esses materiais somaram 361.362 livros, 346.994 periódicos e 28.102 *e-books* (UFSC-PROPLAN, 2011, p.7), respectivamente, apresentando variações percentuais positivas de 23,20%, 23,22% e 16.050,57%.

²⁹ O número (total) de bolsas de pós-graduação, um dos alicerces da pesquisa, aumentou de 1.769, em 2009, para 2.730, em 2011 (UFSC-PROPLAN, 2011, p.8), significando um aumento de 54,32%.

³⁰ A atividade (ou não, como em períodos de greve, por exemplo) do Restaurante Universitário afeta negativamente o fluxo de usuários no LCME, pois os pós-graduandos – principal público usuário do LCME – não aparecem às sessões agendadas marcadas (relato informal de técnicos do LCME).

Na sociedade contemporânea, a principal contribuição da Universidade para o desenvolvimento humano-social consiste na geração de conhecimentos científicos e tecnológicos que capacitem a população a enfrentar seus desafios econômicos, políticos, ambientais e existenciais. Nesta perspectiva, as principais responsabilidades da universidade pública brasileira são: a) produzir conhecimentos novos, que se apresentem como potenciais soluções para os problemas enfrentados pelo país, em seu processo de desenvolvimento; b) **veicular este conhecimento de forma apropriada, inclusive participando do planejamento e gestão de projetos, em parceria com os setores público e privado.** Assim, a instituição universitária deve funcionar como um coletivo de investigadores - empreendedores, procurando a cada momento identificar os principais entraves e as oportunidades que se apresentam para o processo de desenvolvimento econômico, social e humano, vindo a elaborar e testar soluções, e aplicá-las em tecnologias que viabilizem a remoção dos entraves e a promoção de novos empreendimentos. Neste processo, seria preciso superar as limitações das disciplinas e áreas de conhecimento acadêmicas, procurando uma interação e complementação de saberes e habilidades [grifos nossos] (UFSC-PRPe, 2005, p. 4, 2006, p. 3, 2007, p. 3).

Chama atenção na citação imediatamente anterior o desejo da Universidade em contribuir para resolver os desafios da sociedade, gerando conhecimentos científicos e tecnológicos, porém claramente numa parceria entre os setores público e privado. A alegação é o entendimento de que o entrave a esse processo é “a limitação das disciplinas e áreas do conhecimento acadêmicas” em relação a uma suposta “falta de interação e complementação de saberes e habilidades”.

Esse objetivo e fim comum, ao qual a comunidade universitária está submetida, e a forma de atingi-lo foi repetido durante três anos na parte introdutória dos Relatórios de Gestão da PRPe, e foi posteriormente substituído por uma parte intitulada ‘metas’, talvez por já ter sido consolidado organicamente como um entendimento, ao mesmo tempo em que parece ter se tornado imperativa a busca de resultados ‘concre-

tos', talvez diante do volume elevado de recursos para projetos desvinculados do orçamento.

A UFSC reproduz a lógica dominante do produtivismo, mas para se compreender como isso se dá em sua relação com o LCME é preciso apreender as mediações amplas no tocante à produção do conhecimento nanocientífico.

1.3 A lógica dominante na produção de conhecimentos nanocientíficos

Se virtualmente forem ampliadas em nível de Brasil essas informações de infraestrutura e recursos financeiros, ter-se-á uma pequena idéia da potência brasileira em termos dessas forças produtivas sociais de base científica laboratorial. Somente contabilizando os laboratórios que estão associados à Sociedade Brasileira de Microscopia e Microanálise, são 59 laboratórios (públicos e privados).³¹ É evidente que esse número é maior.

Como evidências dessa base produtiva em processo de formação e ampliação existem alguns estudos, tais como o de Martins (2007), que analisa o desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil recente sob uma perspectiva crítica; Santos (2008), que estuda sobre o Sistema Brasileiro de Inovação em nanotecnologia, bem como em Garacisi Filho, Camara e Sereia (2011), porém, a partir da análise de patenteamento; e Gordon (2010), sobre as políticas e ações estabelecidas pelo Governo Federal brasileiro para nanotecnologia após 2004.

É sabido que o Brasil vem investindo um grande volume de recursos na área de nanociência, especialmente de aporte estatal. A nanotecnologia entrou na pauta de investimentos do governo no Plano Plurianual (PPA) 2000-2003 e, no PPA 2004-2007. Para tanto, houve a criação de um programa específico, com previsão de investimentos da ordem de R\$ 80 milhões para o período via editais de chamadas públicas.

Note-se que a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), em 2010, expressou a tendência mundial já colocada no início da década de 2000, de que o motor de impulso para as economias saírem da crise estava (e ainda está) no desenvolvimento de produtos inovadores, dentre eles, a nanotecnologia, conforme Alves (2010):

³¹ Disponível em < <http://www.sbmm.org.br/regionais.php> >. Acesso em 16 mar. 2013.

Na ‘Estratégia para a Inovação’ [da OCDE], [...] só é possível ultrapassar a crise económica mundial através de um forte investimento na inovação e no empreendedorismo. E o Investimento público, refere a OCDE, é essencial, em áreas onde estão em causa as doenças infecciosas e o ambiente, mas também é fundamental para o crescimento dos mercados inovadores, onde a nanotecnologia pode vir a desempenhar um papel central (ALVES, 2010, p. 1).

Por isso que no ano de 2003, há 10 anos, os Estados Unidos, por exemplo, investiram algo em torno de US\$ 1,5 bilhão nesta área, sendo US\$ 900 milhões do governo e US\$ 600 milhões da iniciativa privada (BRAZIL, 2004) (valores não corrigidos), e seu orçamento federal previsto para 2011 foi de “1,7 mil milhões de dólares, a acrescentar aos 12 mil milhões de dólares já investidos desde 2001” (ALVES, 2010, p. 1).

No mesmo compasso, a União Européia financiou, entre 2002 e 2006, 550 projetos em nanotecnologia, num total de 1,4 mil milhões de euros, e, estipulou entre 2007 e 2013, um investimento de 3,5 mil milhões de euros (ALVES, 2010).

Ambas as regiões, por meio da forte aplicação de recursos públicos e de suas estratégias (os EUA com sua ‘Iniciativa Nacional de Nanotecnologia’, e a União Européia com seus ‘Programas-quadro’ que constituem o instrumento principal de subvenção de pesquisa na Europa) pretendem desenvolver aplicações comerciais (ALVES, 2010).

A iniciativa privada evidentemente sabe do potencial dos conhecimentos nanocientíficos e tem muito a lucrar, por isso tem sido imperativa a chamada aos investimentos privados por parte dos governos.

Entretanto não é unicamente o investimento público como carro-chefe e o investimento privado substancial que definem a aplicação comercial dos conhecimentos nanocientíficos (o investimento público garante o desenvolvimento da pesquisa básica), senão o *modus operandi* do processo de produção desse conhecimento: como intercâmbio entre as diversas áreas do conhecimento (pressuposto para o desenvolvimento da pesquisa básica sobre conhecimentos nanocientíficos).

Como verbalizou Clayton Teague, Diretor do Departamento de Cordenação da Iniciativa Nanotecnologia Nacional, nos Estados Unidos:

Não é apenas física, não é apenas química, não é apenas biologia, não é apenas engenharia, por-

que é um aspecto fundamental de matéria que se começa a tentar controlar e usar para uma grande variedade de aplicações. Entra-se em quase todas as disciplinas científicas para olhar para isto e na verdade algumas das melhores aplicações de nanotecnologia são aquelas que fazem a ponte entre todas as diferentes disciplinas (ALVES, 2010, p. 1).

Em outras palavras, a forma com que o efetivo intercâmbio de diferentes disciplinas aparece como real e frutífero são as aplicações comerciais, sendo o meio para tal a conjugação parceira entre investimentos públicos e privados. Por isso, as aplicações comerciais dos conhecimentos nanocientíficos têm sido a busca constante em diversos países e, evidentemente, no Brasil.

A lógica dominante é a de que a nanotecnologia tem a capacidade de impulsionar a economia de um país, de que é requerida uma parceria conjugada de investimentos públicos e privados e de que o intercâmbio de disciplinas é crucial para o desenvolvimento de aplicações.

Essa lógica impõe que não basta produzir conhecimentos nanocientíficos de qualidade, inéditos, se não puderem ser desenvolvidas aplicações comerciais; não adianta as universidades ou centros de pesquisa públicos produzirem conhecimentos acadêmicos ou, ainda o que é pior, isoladamente, com cada disciplina em sua área, se existem necessidades reais e complexas da sociedade a serem supridas.

Em 2004, comparativamente aos países investidores em nanociência, predominava no Brasil uma articulação precária entre as instituições de pesquisa universitária e as empresas brasileiras - conforme entrevista feita por Brazil (2004), naquele ano, ao professor Paulo César Moraes, do núcleo de Física Aplicada do Instituto de Física da Universidade de Brasília.

Segundo esse professor, a comunidade científica brasileira é bem organizada em relação à nanociência, produzindo nanociência de excelente qualidade e tendo uma grande potencialidade nessa área. Entretanto, no tocante à nanotecnologia, afirma o professor, esta não existe. Porque para saltar da nanociência para a nanotecnologia - significando produtos brasileiros no mercado internacional baseados em nanociência, ou seja, agregar valor a esses produtos, colocando-os em condições viáveis no mercado - é preciso investimentos públicos e privados.

Para tanto, o professor Paulo César Moraes defende que esse investimento e a organização dessa tarefa seja atribuição do Estado, que

sejam construídos instrumentos, uma política de médio e longo prazo para a nanotecnologia, a exemplo do modelo de operacionalização de países investidores em nanotecnologia, tal como exemplo da Suíça:

Recentemente visitei na Suíça um centro de porte médio que trabalha com nanociência e nanotecnologia, com 250 pesquisadores trabalhando... Esse centro tem um orçamento anual de entre 50 e 60 milhões de euros. Cerca de 35% desse orçamento vêm do governo federal; mais 35% vêm das indústrias, das empresas; e os restantes 30% são contratos... Nesses últimos dois anos e pouco de atividade, o governo colocou na área menos de 3 milhões de euros. As quatro redes de pesquisa brasileiras têm hoje cerca de 600 pesquisadores, com nível de doutorado em nanociência. Então veja, o número de pesquisadores que nós temos é mais do que o dobro do que esse centro suíço, só que nosso governo colocou aqui cerca de 1,5 milhão de euros por ano. Perceba aí a diferença de aporte de recursos (BRAZIL, 2004, p. 5).

Ao nosso ver, ele constata em 2004 um paradoxo permanente, que marcará a relação de produção de nanociência no Brasil pelos quase 10 anos seguintes: de que mesmo com a restrição de recursos, o Brasil vem se destacando no cenário científico quando o assunto é nanociência, pois alguns países já perceberam que aqui se faz nanociência com um “rendimento fantástico”, quer dizer, o país não investe muitos recursos, mas a comunidade nanocientífica brasileira consegue dar uma resposta em nanociência. Nesse sentido, a questão custo-benefício é extremamente favorável, sendo para outros países uma excelente oportunidade de fazerem cooperação com o Brasil.

Portanto, a perspectiva em meados da década de 2000 era a de que o Estado devia continuar investindo nesses espaços institucionais de nanotecnologia (mesmo com o país apresentando um “rendimento fantástico”) e em escala ampliada (como necessidade imperativa do desenvolvimento contraditório do capital em nível mundial), mas que a iniciativa privada fosse chamada a uma participação mais significativa nesses investimentos.

Cinco anos depois, em 2009 foi criado o Fórum de Competitividade de Nanotecnologia da Secretaria de Inovação do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), formado por

representantes do governo, de universidades e empresas, tendo “[...] como objetivo definir metas e ações para potencializar o desenvolvimento e a produção de insumos e serviços nanotecnológicos” (DIAS, 2010, p. 1).

Nas palavras de João Lanari, diretor do Departamento de Tecnologias Inovadoras do MDIC à época:

A nanotecnologia vem se desenvolvendo no Brasil de seis anos para cá. E num ritmo rápido, se levamos em conta o nosso nível de dependência tecnológica e o fato de os investimentos em pesquisa serem pontuais e com recursos públicos. Mas ainda é necessário promovê-la de forma integrada, empenhando esforços para superar entraves na formação de parcerias público-privadas e incentivando mudanças nos formatos de negociação de propriedade intelectual (DIAS, 2010, p. 1).

Mesmo com tudo isso, em 2011, permanece o fato de que “*nosso maior problema está entre o processo de criar e o de transformar essa criação em produto comercial*”, segundo Willian Weissmann, pesquisador da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) (CEZAR, 2011, p. 1).

Quanto a isso estudos realizados no meio empresarial apresentam um cenário ruim, pouco produtivo, em relação ao estágio atual da nanotecnologia no país:

Pesquisa divulgada pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro mostra que o mercado de produtos originalmente desenvolvidos no Brasil somou apenas R\$ 115 milhões em 2010. Enquanto isso, o volume de negócios no mercado internacional atingiu US\$ 383 bilhões, incluindo o faturamento com 1.015 produtos para o consumidor final ou intermediários. Dados do Ministério da Ciência e Tecnologia, divulgados pela Firjan [Federação das Indústrias do Rio de Janeiro], indicam que existem hoje 150 empresas desenvolvendo produtos ou prestando serviços a partir de conhecimentos em nanotecnologia (CEZAR, 2011, p. 1).

O lançamento de novos produtos em vários setores industriais e por suposto o aumento da competitividade do país no mercado mundial (CEZAR, 2011), no tocante às nanotecnologias, são decorrências, evidentemente, do processo de concorrência intercapitalista e a tendência disso - ao menos no Brasil - é seu recaimento sobre os locais onde as pesquisas nanocientíficas nascem: as universidades. Em especial, isso recai também sobre a UFSC e seu LCME de um modo muito particular.

Visando alavancar essa relação entre empresas e universidades, o governo federal criou, em 2012, o Sistema de Laboratórios em Nanotecnologia (SISNano), que,

visa desenvolver um programa de mobilização de empresas instaladas no Brasil e de apoio às suas atividades, para atuarem no desenvolvimento de processos, produtos e instrumentação, envolvendo ciência e tecnologia na nanoescala. (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2012, p. 1).

Para tanto, está formado por duas categorias de laboratórios:

a) os estratégicos, pertencentes ao Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI), cujos equipamentos serão disponibilizados a usuários externos minimamente em 50% do tempo de máquinas e,

b) os associados, localizados em universidades e institutos de pesquisa, cujos equipamentos serão disponibilizados a usuários externos minimamente em 15% do tempo de máquinas (FRANCO, 2013).

A UFSC é ‘integrante associado’ do SISNANO, sendo essa rede chamada de Laboratório Interdisciplinar de Desenvolvimento de Nanoestrutura (LINDEN). Essa rede conta com a participação dos pesquisadores dos laboratórios acadêmicos de nanotecnologia da UFSC e de sete laboratórios de nanotecnologia que também fazem parte do Arranjo Promotor da Inovação em nanotecnologia (API-Nano), dentre eles o LCME, que é um espaço de análises (FRANCO, 2013).³²

³² Os outros laboratórios desse arranjo promotor são LABMAT (superfícies), LCP (escalamento de nanocompostos), NanotecLAB (concreto), Polimat (polímeros), LaCBio (nanocatálise), LabSim (nanoprata) e o Lab. de Farmacotécnica (fármacos) (FRANCO, 2013). Porém, de acordo com informações contidas no Caderno de Informações do Simpósio Técnico-Empresarial de Nanotecnologia (2013, p.31), esse arranjo se estende a empresas voltadas para nanotecnologias e outros diversos laboratórios de pesquisa e desenvolvimento da UFSC, também pertinentes a essa temática, quais sejam: 1. CIMJECT - Laboratório de Projeto e fabricação de Componentes de Plástico Injetados), 2. GEIMM - Grupo de Estudos de Intera-

Nova infraestrutura na UFSC é requerida para ação desse porte – o que conta, segundo Franco (2013), com apoio financeiro do MCTI -, e o LCME tem papel importante na primeira etapa dessa ação:

A implantação definitiva do Laboratório Interdisciplinar de Desenvolvimento de Nanoestruturas (LINDEN) será feita no prédio do futuro Instituto Interdisciplinar de Engenharia de Superfície (IMES) ora em construção. Assim o LINDEN ocupará dois dos 8 andares daquele edifício que está sendo construído com recursos da FINEP (um para os equipamentos especializados em nanoestruturas e outro que será compartilhado com o IMES para as atividades de gestão e interação com o setor produtivo, totalizando área de 1.022 m² O laboratório ficará sob a supervisão da Propeq - UFSC, mas com direção dos especialistas na área [...] (FRANCO, 2013, p. 9).

Na primeira etapa do projeto, antes da conclusão do prédio, se trabalhará a partir do LCME e depois as atividades serão centralizadas no espaço próprio do LINDEN no Instituto Interdisciplinar de Engenharia de Superfície (IMES). Sendo um laboratório associado, isso requerá 15% do tempo dos equipamentos para a iniciativa privada, o que pode significar um dia de trabalho durante a semana³³.

ções entre Micro e Macromoléculas, 3.InteLAB - Laboratório de Tecnologias Integradas, 4. LABMAC - Laboratório de Materiais e Corrosão, 5. LABMASSA - Laboratório de Transferência de Massa, 6. LabMAT - Laboratório de Materiais, 7.Laboratório de Equilíbrio, 8. Laboratório de Farmacotécnica, Cosmetologia e Biofarmácia, 9. Laboratório de Plasma Químico, 10. LabSiN - Laboratório de Síntese Inorgânica e Materiais Nanoestruturados, 11. LacBio – Laboratório de Catálise Biomimética, 12. LAMATE - Laboratórios de Materiais Elétricos, 13. LCI - Laboratórios de Circuitos Integrados, 14. LCP - Laboratório de Controle e Processo, 15. LEMA - Laboratório de energia e meio ambiente, 16. LEPTEN - Laboratório de Engenharia de Processo de Conversão e Tecnologia de Energia, 17. LFFS - Laboratório de Filmes Finos e Sensores 18. LMPP - Laboratório de Materiais Avançados e de Processos, 19. LSCM - Laboratório de Síntese e Caracterização de nanoMateriais, 20. NANOTEC - Lab Engenharia Civil, 21. Polimat - Grupo de Estudos em Materiais Poliméricos, e, 22. POLISSOL - Laboratórios de Polímeros e Surfactantes em Solução.

³³ Estimativa informal obtida junto aos técnicos em 2013.

1.4 Apreensão do LCME como desvelamento do capital

A partir da leitura em Marx, infere-se que o emprego das forças produtivas sociais da humanidade de base científica laboratorial por parte do capital, assim como o emprego dessas forças junto a um sistema de produção industrial como ciência e tecnologia “tem por fim baratear as mercadorias, encurtar a parte do dia de trabalho da qual precisa o trabalhador para si mesmo, para ampliar a outra parte que ele dá gratuitamente ao capitalista” (MARX, 1996, p. 417-418). Essas forças *servirão para que se produza mais valia*, ao mesmo tempo que são um meio civilizado de desenvolvimento humano. Assim, “revela[m]-se, de um lado, progresso histórico e fator necessário do desenvolvimento econômico da sociedade e, de outro, meio civilizado e refinado de exploração”. (MARX, 1996, p. 417-418).

Convém esclarecer que o capital:

[...] não é uma coisa, mas determinada relação de produção, social, pertencente a determinada formação sócio-histórica que se representa numa coisa e dá um caráter especificamente social a essa coisa. O capital não é a soma dos meios de produção materiais e produzidos. O capital são os meios de produção transformados em capital, que, em si, são tão pouco capital quanto ouro ou prata são, em si, dinheiro. São os meios de produção monopolizados por determinada parte da sociedade, os produtos autonomizados em relação à força de trabalho viva e às condições de atividade exatamente dessa forma de trabalho, que são personificados no capital por meio dessa oposição. Não são apenas os produtos dos trabalhadores, produtos transformados em forças autônomas, os produtores como dominadores e compradores daqueles que os produzem, mas são também as forças sociais e a futura forma, as forças sociais e a forma correlata desse trabalho que se contrapõem a eles como propriedades de seu produto. **Aqui temos, portanto, uma forma social determinada, à primeira vista muito mística, de um dos fatores de um processo social de produção historicamente fabricado.** [grifos nossos] (MARX, 1983b, p. 269-270).

Afirmar que o capital são os meios de produção transformados em capital significa dizer que:

- a) são meios monopolizados por determinada parte da sociedade;
- b) são os produtos, isto é, os conhecimentos produzidos, autonomizados em relação a tudo o que o LCME é, e que expressa a oposição entre o trabalho presente e o trabalho passado.
- c) são também as forças sociais, a futura forma e a forma correlata do trabalho que se contrapõem aos trabalhadores como sendo seu próprio produto/resultado, sua negação.

Isso porque, segundo o resultado da matriz da Economia Política clássica, cujo ápice se dá com David Ricardo, a sociedade capitalista é um processo histórico que é a produção do trabalho não pago e a apropriação de uma classe pelo trabalho de outra sem nada dar em contrapartida (sem troca), o que levaria Pierre-Joseph Proudhon (1809-1865) a afirmar que a propriedade era um roubo. Marx concordou com essa afirmação, mas ele vai chamar isso de mais valia, por quê? Porque ele vai dizer que aquilo que a Economia Política clássica não compreendeu era “quem produz a sociedade capitalista”, o que denota outra estrutura de compreensão da sociedade, para além das categorias trabalho, valor de uso, valor de troca, trabalho abstrato, dentre outras.

Tendo percebido que o trabalhador não vende ‘trabalho’, mas que o trabalho está separado da força de trabalho (portanto, o que o trabalhador vende é sua força de trabalho), Marx desvelou que há outra lógica, outra estrutura que é a determinante.

Se o preço das mercadorias, para Adam Smith (1793-1790), era a somatória de categorias independentes (salário, lucro e renda da terra); se, para David Ricardo (1772-1823), era a relação de dependência inversa entre salário e lucro; para Marx, o preço das mercadorias (admitindo-se igual ao valor das mercadorias), se compõe de duas categorias: trabalho passado e trabalho presente, ou, trabalho morto e trabalho vivo (MARX, 1987).

O pressuposto do ato econômico, regulado pelo preço das mercadorias, é os homens terem nascido em determinados lugares, que são climas, ambientes, geografias etc., e sob determinadas relações entre si, em certas condições postas. Portanto, o que fazem os homens? Partem de sua vida real, de suas condições reais mediatas e imediatas para produzirem a si mesmos. Significa considerar que a atividade do ser social vivente, incluindo o trabalho, nunca é um ato isolado, abstrato, por si mesmo (LESSA, 1994, TORRIGLIA, CHAGAS, 2008).

Essa estrutura, no capitalismo – segundo Marx, com base na economia política –, se exprime na existência e relação entre duas classes: proprietários privados dos meios de produção, personificados em capitalistas, e não proprietários desses meios, os assalariados.

Na aparência, essa relação se processa como trabalho, e na essência, como capital. Então, existe um fenômeno. No entanto, por que é deste modo? É que “o mundo” e seu funcionamento para a Economia Política, sendo exclusivamente o do trabalho, é distinto “do mundo” de Marx, que é o do Capital, o qual subverte o trabalho. São momentos históricos distintos, portanto.

Tem-se, portanto, a aparência concreta, onde os indivíduos se movem pelo trabalho, dinheiro, pela mercadoria, e que para viver precisam produzir, trabalhar, comprar, vender etc. – isso é real, mas para Marx não é o que move a sociedade. São os pressupostos da época de Adam Smith e David Ricardo, porque o homem era, pelo trabalho, o sujeito da história, possuía domínio das etapas do processo produtivo - ainda que o trabalho fosse dividido. O homem era livre, independente, dono do produto de seu trabalho e autônomo, fosse ele proprietário dos produtos de seu trabalho ou de capital. A troca de equivalentes, que tem por fundamento o trabalho próprio, regulada pelo mercado, era a lei válida para se compreender a produção na sociedade de então. Em assim sendo, o conteúdo da relação mercantil entre os homens era o trabalho humano abstrato, o que significa uma determinada forma de intercâmbio.³⁴

³⁴ O mundo para a Economia Política evidenciava que se tratava de uma sociedade de “indivíduos” que interagiam, se relacionavam, por serem egoístas. Um exemplo do liberalismo econômico elucida a compreensão: um indivíduo “A” e outro indivíduo “B” se relacionam pela **troca**, tendo por pressuposto a produção de cada um, que é produto do trabalho de cada um (correspondendo a uma certa quantidade de tempo), o que dá o valor das coisas e que **aparece** como preço. A troca (e o homem neste ato) revela duas características: produção de valor de uso e valor de troca, o homem como produtor de valores de uso de valores de troca. Por que isso? Porque o mundo configurado por essa natureza pressupunha que a forma de o homem se inserir nela (ou interagir com outros homens) era “trabalhando”, era trocar uma certa quantidade de “A” por uma de “B” – o trabalho próprio, em que o homem era o proprietário privado do produto que produzia, porque dono dos meios de produção, era o que levava à troca, nos termos valor de uso e valor de troca. Se for levado em consideração que mesmo nesta época a situação não era homogênea, ao menos na Inglaterra, pois já havia (e estava em curso, mas não de modo evidente, posto que não era isso que estava no centro da correlação de forças sociais) uma “separação” entre homens que “trabalhavam para outros” e aqueles que trabalhavam, mas que eram donos de pequenas oficinas (THOMPSON, 2002), o trabalho próprio como forma dominante de inserção social era um pressuposto (da economia política) que remetia não só à uma época anterior à vivenciada (e por isso significou uma certa dose de romantismo em relação ao trabalho, muito criticada por Marx), mas que objetivava colocar o homem como dono de seu destino, de sua vida – em contraposição à uma determinação religiosa, aristocrática ou feudal. Entretanto, de modo geral, tem-se que o critério que organizava a sociedade de

Note-se que, para Marx, a **inserção na sociedade** se dá pelo capital, que é trabalho acumulado (trata-se de trabalho que gera mais-trabalho), sendo sua principal categoria, a mais valia, uma categoria da produção, por isso não podendo ser teoricamente jamais identificada com a categoria de apropriação, lucro.³⁵

Para Marx, o que move a sociedade é o capital, que é uma relação entre classes cujo objetivo de uma das classes é fazer a riqueza se movimentar para mantê-la como sua propriedade privada (esse é o primeiro objetivo do capitalista), o que aparece na forma econômica de $D + D'$ (ou seja, dinheiro + Δ dinheiro).

Isso se processa utilizando-se os meios de produção - que Marx vai chamar de trabalho passado -, que é o trabalho excedente do passado que não foi consumido, portanto, que foi acumulado, e contratando-se, comprando-se a única mercadoria que tem a propriedade de manter a propriedade privada e ampliá-la, que é a força de trabalho, o não trabalho, para fazer a manutenção da propriedade privada.

Assim, voltando à pergunta o que é capital, tem-se em essência que é um momento histórico em que o produto do trabalho do homem (esse trabalho materializado, objetivizado) separa-se dele, aliena-se dele - por isso que todo o processo de trabalho é um processo de alienação -, volta-se contra ele, dominando-o, escravizando-o, mas não o escraviza para fazer dele tão somente uma força submissa, mas para fazer dele uma força submissa com um objetivo precípua: o homem como extrato do produto do seu trabalho, porque o homem se transforma em matéria prima, cujo objetivo é 1) manter a riqueza no nível que ela existe, ou

então era o trabalho: sendo para Smith, em 1776, o trabalho em geral e para Ricardo, em 1817, o trabalho individual.

³⁵ O lucro, ou salário, ou a renda da terra constituem **a forma de se apropriar** da riqueza. Para Marx, a taxa de lucro é uma expressão alienada, mistificada da taxa de mais valia. A taxa de mais valia significa o quanto da riqueza produzida (da riqueza gerada - não que vai compor o preço das mercadorias) vai para o trabalhador e quanto vai para o capitalista. Seria, por exemplo, o quanto o trabalhador fica para si da riqueza gerada por oito horas de jornada diária de trabalho e o quanto fica com o capitalista. Já o lucro é quanto o capitalista se apropria em relação ao capital total que ele antecipou; nesse sentido, e para Marx, desaparece a magnitude do salário (já para Ricardo, não, pois a taxa de lucro depende do salário, tendo ambos uma relação inversa). Portanto, a taxa de lucro é um valor absoluto igual a mais valia, mas a taxa de lucro é um valor diferente da taxa de mais valia, porque a taxa de mais valia é um coeficiente da produção que expressará uma distribuição da riqueza produzida entre trabalhador e capitalista, não tendo nada de salário, mas que aparecerá na forma de salário. E a taxa de lucro é uma ponderação da riqueza apropriada pelo capitalista em função do capital que ele antecipou. Entretanto, tanto a taxa de lucro como a fonte criadora do valor desaparecem, porque o capital constante e o capital variável aparecem como os mesmos criadores de lucro. Por esse sentido, afirmar que o lucro depende do salário é trabalhar com o conceito de alienação, com o fetiche do capital, sendo esta uma afirmação ricardiana.

seja, no padrão em que ela iniciou o ciclo e 2) ampliar essa riqueza, produzir mais riqueza do que aquela inicialmente antecipada.³⁶

Portanto, o modo de produção capitalista é essa relação entre o trabalhador com o produto de seu próprio trabalho. É esse o processo de trabalho, capitalista, que a classe capitalista personifica, é esta relação entre os trabalhadores e a sua riqueza, mas, depois, essa classe vai se separando desse processo - é isso o que Marx vai afirmar no Livro II³⁷.

Isso leva a refletir sobre a questão que a Economia Política, segundo Marx, não compreendeu, mas que foi explicitada por ele: afinal, “quem produz a sociedade capitalista?” Marx afirma que é o ‘trabalho’, só que é preciso ver qual o produto que sai na produção da mais valia. Ou seja, no LCME – como em qualquer outro espaço de reprodução do capital -, para além de um produto com valor de uso, valor de troca, valor, lucro capitalista, salário etc., os servidores técnicos (trabalhadores) produzem a si mesmos como assalariados, como força de trabalho. Então, o assalariamento está contido no trabalho capitalista, a produção da mais valia aponta a origem da condição de ser assalariado.

À luz do observado no LCME, os servidores técnicos saem de suas casas cheios de energia – sua força de trabalho – para poder efetivar a venda de sua força de trabalho. Mas, eles somente saem porque são não proprietários de meios de produção, pois, se o fossem, não sairiam de casa para efetivar essa venda, de maneira que representariam a condição de serem capitalistas.

Nesse sentido, a UFSC, como entidade social representativa do capital, comprou sua mercadoria, a força de trabalho, porque vai usá-la, e o uso dessa mercadoria dos servidores técnicos, serve para dois objetivos: 1) manter a propriedade privada dela (se eles não mantiverem a propriedade privada da UFSC, na forma dos equipamentos, aparelhos e

³⁶ Essa abordagem aqui apresentada fundamenta-se na leitura que o professor Idaeto M. Aued fazia sobre a compreensão dos escritos de Marx, ainda não publicada, porém anotada das aulas ministradas em 2008, no programa de pós-graduação em geografia da UFSC.

³⁷ No entanto, também no texto “O rendimento e suas fontes”, Marx vai explicar como o capitalista personifica essa relação entre o trabalhador e o produto de seu trabalho, mas ao mesmo tempo vai se descolando do mundo do trabalho e se transforma no capital produtor de juro ou no capital que tem o dinheiro como mercadoria. De modo que atividade produtiva nada tem a ver com capitalismo, com ser “capitalista”. Ser capitalista tem a ver com manter sua riqueza e ampliá-la. Pois esse processo de a riqueza se separar do trabalhador, dominá-lo, fazer dele matéria prima para manter riqueza e ampliá-la de outrem, o capitalista pode delegar ao executivo, ao trabalhador assalariado executivo (ou seja, o capitalista se descola inclusive disso, porque vai descolando o mundo da propriedade burguesa do mundo do trabalho, do mundo econômico, o que resulta o capital que tem o Dinheiro como Mercadoria - que é o chamado capital financeiro, o qual não tem nada a ver com o processo de trabalho, mas com o processo de manutenção de sua propriedade e ampliação da mesma).

demais instalações, ela não vai mais querer manter o contrato de compra e venda da força de trabalho; portanto, os servidores técnicos precisarão cuidar para que se produza dentro dos padrões de manter a propriedade privada da UFSC) e 2) aumentar a propriedade privada da UFSC.

Quando eles trabalham, desgastam suas energias, isto é, desaparece o valor de sua força de trabalho. Consumida a força de trabalho, desaparece seu valor. A UFSC, por ter comprado as forças de trabalho dos servidores técnicos, é dona do uso dela, o que cria uma jornada de trabalho: uma magnitude de 8 horas, cuja magnitude de riqueza é “2 x” unidades monetárias = à produção de “y” atendimentos ou sessões de microscopia, dentre outros. A quem pertence isso, a riqueza produzida, todos esses atendimentos ou sessões de microscopia, dentre outros? À UFSC, tanto é que ela pode dispor dessas sessões para quem quiser, da forma que quiser e inclusive vendê-las para empresas privadas, porque ela comprou a força de trabalho dos servidores técnicos, o uso dela.

Depois que a UFSC recebe tudo o que os servidores técnicos têm de produzir, depois que se apropriou disso, ela devolve para os servidores técnicos uma parte disso tudo, correspondente a “x” unidades monetárias (correspondente a 4 horas de trabalho, por exemplo) que é igual a um salário. Os servidores técnicos do LCME como trabalhadores recebem uma parte da riqueza gerada por eles mesmos para comprar os itens de sua subsistência, para então refazerem a sua energia. Portanto, parte da riqueza gerada pelo próprio trabalhador, que é propriedade do capitalista, serviu para o trabalhador reproduzir sua própria força de trabalho.

Aqui, vê-se a dificuldade de quantificar o produto do trabalho dos servidores técnicos do LCME, que na verdade é um determinado conhecimento científico (sobre microscopia eletrônica e confocal), e que - pode-se dizer - se relaciona com os desenvolvimentos das nanociências - embora não seja o mesmo conhecimento -, em termos de valor de uso e valor de troca. De fato, importa afirmar se o que produzem são sessões de microscopia, atendimentos, artigos científicos indiretamente, dentre outros, como se isso fosse o fundante, bem como a quantificação disso? Pela ótica do capital não, porque o que importa é que a propriedade privada seja mantida e ampliada, sendo essa a relação social de produção capitalista. Mas, do ponto de vista do ‘trabalho’, sim, importam esses ‘produtos’ e sua quantificação.

É no capítulo 23 “A lei geral da acumulação capitalista”, do Livro 1, de O Capital, que Marx (1996) evidencia que a relação entre classes no modo de produção capitalista, entre capitalista e assalariado, não passa de uma relação da classe trabalhadora consigo mesma.

Marx demonstra, pela reprodução do capital, que a relação entre o capital com o trabalho também é um fetiche, uma ilusão; que a relação real é entre a classe trabalhadora consigo mesma. Isso, porque quando o trabalho excedente da classe trabalhadora do passado se volta contra a classe trabalhadora do presente, na forma de capital e trabalho. Logo, o autor mostra a origem da sociedade burguesa como estando na classe trabalhadora, que produz a sua condição de assalariada e que produz o capitalista como capitalista, o que constitui o processo de alienação burguesa; em outras palavras, a origem da sociedade burguesa está em todos os lugares e em todos os momentos em que se produz a manutenção e a ampliação da riqueza privada.

Nesse sentido, a união entre os homens:

[...] se opõe aos próprios trabalhadores individuais como algo *estranho* e *coisificado*, como simples forma de existência dos meios de trabalho deles independentes e que os dominam, e do mesmo modo esses meios os enfrentam na forma visível, simples, de material, instrumento etc. nas funções de *capital* e, portanto, de *capitalista* (MARX, 1987, p. 386).

Entretanto, é por essa via, a objetivação da essência humana (tanto do ponto de vista teórico, quanto prático) como contradição, que se exprime a forma de produção científica laboratorial, isto é, que os homens se fazem seres humanos, materiais, sociais e espirituais - numa palavra, se fazem sociais - os sentidos (não só os cinco sentidos, mas os sentidos espirituais, os sentidos práticos da vontade, do amor etc.) do homem e o sentido humano, correspondente à riqueza inteira do ser humano e natural. A forma de produção científica laboratorial é, nesse sentido, a natureza humanizada, a existência do seu objeto por onde vem-a-ser a humanidade dos sentidos e, ao mesmo tempo, o fazer homens, em si, separado do para si.

Porque toda a, assim denominada, *história mundial* nada mais é do que o engendramento do homem mediante trabalho humano, *vir-a-ser* da natureza humana, o nascimento do homem por meio de si mesmo, de seu processo de geração (sendo, por isso, a natureza efetiva do homem, mesmo que venha a ser por intermédio da forma de produção científica laboratorial, isto é, ainda que em figura estranhada), a fim de que o “homem” se torne objeto da consciência sensível, e a carência do “homem enquanto homem” se torne necessidade (MARX, 2004), quan-

do, então, a força produtiva do trabalho social e sua forma particular se apresentarem na qualidade de força produtiva e forma não somente dos homens, do trabalho materializado, das condições materiais (objetivas) do trabalho, mas fundamentalmente para os homens.

Foi considerando o capital como relação social que o capítulo presente iniciou a caracterização das forças produtivas sociais de base científica laboratorial: a condição inicial da criação/inserção do espaço do LCME, bem como seu espaço imediato e suas relações mediadoras intermediárias e amplas, pertinentes ao assunto da produção do conhecimento nanocientífico. Em especial, evidencia-se a UFSC como ente estruturante e organizativo, bem como a perspectiva da produção científica em geral, as quais apontam para o estreitamento das relações público e privadas. A lógica dominante, relacionada ao avanço da nanotecnologia, também evidencia a necessidade de estreitamento das relações público e privadas.

Essa relação social continuará a ser tratada nos capítulos subsequentes, pois assim como ela explica a criação do espaço do LCME, do espaço da UFSC como instituição de porte físico e financeiro, ambos configurados como meios de produção do e para o capital, também explica a natureza do conhecimento que está sendo produzido, o modo com que é feito, seus equipamentos, ciências, tecnologias, técnicas, aparelhos e sujeitos, o que abre um precedente não registrado na história do modo de produção capitalista acerca do conhecimento sobre as coisas e da humanidade sobre si mesma. Esse precedente não registrado na história do modo de produção capitalista diz respeito ao fato de que em seu atual estágio, o elemento fundante das transformações – para além do trabalho em si e do instrumento de trabalho como elementos do processo de trabalho – e por meio do qual se processam as contradições da relação de produção capitalista é o objeto de trabalho, qual seja, os elementos mais simples da matéria (CAMPANA, 2006).

Conforme os objetivos deste capítulo, constatou-se que o espaço físico do LCME é uma construção especial e que, mais do que isso, está inserido num espaço de porte maior, tanto físico quanto institucional (a UFSC) de suporte à sua finalidade, auxiliar na produção do conhecimento, projetando a UFSC no campo da produção nanotecnológica. Ele atende aos interesses da comunidade universitária, porque isso é estratégico à essa finalidade. Sua origem se relaciona ao momento (década de 2000) em que o governo brasileiro, por meio do MCTI, passa a investir

nessa área estrategicamente, por meio de editais de infraestrutura e equipamentos.

Os valores investidos no LCME e mesmo a rica estrutura do campus dentro do qual está inserido são altos se comparados ao investimento individual, privado, isolado. Ao mesmo tempo, destaca-se a aproximação das empresas a esse *locus* de conhecimento visando o desenvolvimento de nanotecnologias.

Diante dessa estrutura, os elementos vivos do processo são quase despercebidos, além de os servidores técnicos serem em número restrito, o que destoia do investimento estrutural requerido ao LCME.

Tendo desenhado esse quadro maior, o capítulo seguinte representa um passo para dentro do LCME, para se certificar ou não acerca da existência dessas relações amplas.

CAPÍTULO 2 – UM OLHO NO TELESCÓPIO: CIÊNCIA, TÉCNICAS ENVOLVIDAS E TECNOLOGIA DOS MICROSCÓPIOS ELETRÔNICO E ÓPTICO

O objetivo deste capítulo é discorrer sobre a Ciência, as técnicas e a tecnologia dos microscópios envolvidas na produção do conhecimento nanocientífico, a partir do que foi visto no LCME, buscando compreender quais os elementos principais que surgem nessa base material.

Materialidade, para nós, não se reduz à economia ou à produção material, mas envolve o conjunto das construções humanas, isto é, também do conhecimento acumulado, da tecnologia já produzida, enfim, das conquistas civilizatórias, sem sucumbirmos à moralização (JANTSCH, BIANCHETTI, 2011a, p. 158).

A Ciência dos últimos 300 anos tem fornecido a lição essencial de que a experiência perceptiva rudimentar muitas vezes é um falso guia para o conhecimento a respeito do mundo em que vivemos (GREENE, 2005).

Isso particularmente aplica-se ao entendimento do espaço e do tempo, isto é, tecido do cosmo: “toda a nossa existência – tudo o que fazemos, pensamos e vivenciamos – ocorre em alguma região do espaço durante algum intervalo de tempo”, mas a ciência ainda está tentando compreender o que são ambos ou pelo menos fornecer sugestões de respostas a respeito da natureza do universo (GREENE, 2005, p.9).

Mas, outra questão estreitamente relacionada a essa é o que é a realidade. Os homens têm acesso às experiências internas da percepção e do pensamento, mas não há certeza se essas experiências internas refletem verdadeiramente o mundo exterior. Os filósofos dedicam-se a essa questão desde há muito tempo, inclusive o cinema a popularizou com histórias sobre mundos artificiais³⁸ (GREENE, 2005).

A Ciência da Física tem a nítida consciência de que a realidade que é observada, no tocante à matéria que evolui no cenário do espaço e do tempo, pode ter muito pouco a ver com a realidade externa, se é que ela existe da forma como é concebida, isto é, em termos absolutos. O ponto de partida para a ciência física nessa questão tem sido os dados

³⁸ Em filmes tais como “Uma mente brilhante”, de 2002, biografia do cientista John Nash, Nobel de Matemática, “O Solista”, de 2009, também baseado em uma história real.

objetivos e o arcabouço da matemática (e não a imaginação desenfreada ou o ceticismo implacável), bem como as teorias mais simples e audaciosas (GREENE, 2005). Nesse sentido,

logo abaixo da superfície do cotidiano está um *mundo* que mal reconhecemos. Seguidores do ocultismo, devotos da astrologia e os que se atêm a princípios religiosos que fala de uma realidade que está além da experiência chegaram a essa conclusão há muito tempo e a partir de diferentes perspectivas. Mas não é isso o que tenho em mente. Refiro-me ao trabalho engenhoso de inovadores e pesquisadores incansáveis – os homens e as mulheres que fazem ciência – que dissecaram, folha por folha, camada por camada, enigma por enigma, a cebola cósmica, e revelaram um universo ao mesmo tempo surpreendente, estranho, impressionante, elegante e completamente diferente do que qualquer um de nós poderia esperar (GREENE, 2005, p. 19).

Para a Ciência da Física, em particular, o fato é que nos últimos 100 anos as descobertas feitas impuseram modificações na percepção da realidade cotidiana tão contundentes, alucinantes e desnorteantes quanto os exemplos mais imaginativos da ficção científica (GREENE, 2005).³⁹

A época atual forma a sua própria panóplia de ideias inesperadas, tais como as relacionadas à matéria e energia escuras, ao oceano de Higgs, à teoria das cordas e a teorias adicionais espaciais, ao mundo brana e ao espaço-tempo emergente.⁴⁰ No âmbito do nanocosmo isso

³⁹ Adquiriu-se intimidade com certos aspectos anteriormente ocultos do espaço e do tempo, graças às duas teorias de Einstein e à mecânica quântica: “(...) o retardamento do tempo, a relatividade da simultaneidade, os fatiamentos alternativos do espaço-tempo, a gravidade vista como a deformação e o encurvamento do espaço e do tempo, a natureza probabilística da realidade e o emaranhamento quântico a longa distância não estavam nem mesmo na lista em que os melhores físicos do século XIX enumerariam o que se poderia esperar do século XX. Mas assim aconteceu, como nos confirmam os resultados experimentais e as explicações teóricas” (GREENE, 2005, p.597-598).

⁴⁰ Quais sejam: “(...) **matéria escura e energia escura**, que parecem ser, com grande predominância, os principais componentes do espaço-tempo, que foram previstas por Einstein na relatividade geral e que podem, um dia, permitir-nos olhar mais pra trás no tempo; um **oceano de Higgs**, que permeia a totalidade do espaço e que, se confirmado, nos ajudará a compreender como as partículas ganham massa; uma expansão inflacionária, que pode explicar a forma do cosmo, resolver o enigma de por que ele é tão uniforme nas grandes escalas e dar direção à seta do tempo; a **teoria das cordas**, que coloca laços e segmentos de energia em lugar das partículas pontuais e que promete uma versão corajosa do sonho de Einstein, em que todas as partícu-

não é diferente. O desafio para a física seria a manipulação de átomos e novos materiais, norteadas pela seguinte questão “o que é possível construir manipulando átomos individualmente?” (MCTI *apud* MENDES, 2008, p. 29).

Essa área da Ciência, chamada ‘nanociência’, trata da estrutura básica da matéria, mas cuja investigação pelos cientistas acontece há pelo menos 100 anos (MENDES, 2008, p. 24). A utilização técnica de propriedades da matéria dependentes do tamanho dos objetos não é algo inédito. A olaria, a tinta nanquim e os vitrais de igrejas medievais são alguns exemplos antigos. Mas a diferença de hoje para antigamente está no fato - para Valadares, Chaves e Alves (2005) - dessa manipulação ser causal e não casual, requerendo a adoção de técnicas que permitem tanto visualizar como manipular a matéria na escala nanométrica, incluindo a manipulação direta de átomos, foi apenas nos últimos 100 anos. (VALADARES, CHAVES, ALVES, 2005)⁴¹. No entanto, isso pode ser colocado em xeque, considerando-se a descoberta de pequeníssimas peças de artefatos milimétricos, em 1991, na Rússia, o que pode significar a existência de uma cultura capaz de desenvolver nanotecnologia há mais de 300 mil anos (EPOCH TIMES, 2012)⁴².

las e todas as forças combinam-se em uma única teoria; **dimensões adicionais espaciais**, decorrentes da matemática da teoria das cordas e que talvez possam ser detectadas na próxima década nos experimentos realizados com os aceleradores de partículas; um **mundo-brana**, em que as três dimensões espaciais adicionais podem ser um entre muitos universos que flutuam em um espaço-tempo multidimensional; e talvez até mesmo um **espaço-tempo emergente**, no qual o próprio tecido do espaço e do tempo seria composto por entidades complementares, que existem fora do espaço e do tempo” [grifos nossos] (GREENE, 2005, p.598).

⁴¹ As argilas contêm grãos minúsculos, que chegam a dimensões nanométricas, e a plasticidade da argila molhada decorre dessa sua minúscula granulação, sendo que após a moldagem do objeto ele é cozido, fazendo com que seus grãos se liguem, endurecendo a argila. Já a tinta nanquim, produzida pelos chineses há cerca de 2.000 anos, é constituída de partículas nanométricas de grafite suspensas em água. “Os chineses descobriram empiricamente que a adição da goma arábica à emulsão impede que as partículas de grafite se juntem. Segundo a compreensão atual, as moléculas da goma recobrem as partículas de grafite, impedindo dessa forma que se agreguem” (VALADARES, CHAVES, ALVES, 2005, p.54). Finalmente, os vidreiros da época medieval “[...] descobriram que a adição de partículas de ouro de tamanhos diversos aos vidros lhes conferia cores variáveis e brilhantes. Somente hoje, após o desenvolvimento da mecânica quântica e da óptica física, podemos entender como as dimensões das partículas de ouro determinam as componentes da luz visível absorvidas e emitidas pelas partículas” (VALADARES, CHAVES, ALVES, 2005, p.54).

⁴² Trata-se de um *Oopart* (“Out of place Artifact”, ou “Artefato Fora do Lugar” em português), “(...) termo aplicado a dúzias de objetos pré-históricos encontrados em vários locais ao redor do mundo que, devido ao seu nível tecnológico, estão em completo desacordo com a sua idade baseada em evidências física, química, e/ou geológica”. Segundo análises feitas pela Academia Russa de Ciência em Syktyvkar, as pequenas peças são feitas de cobre, tungstênio e molibdênio. Por outro lado, o maior dos objetos mede cerca de três centímetros, o menor tem apenas cerca de 0,00003 centímetros, sendo que muitos exibem peças feitas de ouro. Relatos do Insti-

Evidentemente, a Ciência é expressão do modo como o *ser humano* produz sua existência; por isso, é conhecimento objetivo e real. Sendo atualmente a *razão* máxima burguesa a *produção da mais valia*, que traz no bojo o desenvolvimento das forças produtivas, negação do processo que a originou, a Ciência é a prática da transformação permanente; por isso que só se faz ciência quando há negação - entendendo aqui que negar não é destruir.

E, por isso, renegadamente, o ser humano por meio do que e como produz, desenvolve a Ciência, conquistando seus próprios medos, demolindo os sistemas sob os quais nasceram - edificados pelas gerações anteriores -, ampliando a informação, na medida em que essa Ciência vai expressando-se e evidenciando-se uma força social, material e espiritual, comum à existência.

É de Karl Marx que foi adotada a formulação de que as condições históricas legadas pelas gerações pretéritas se explicitam na base material da produção da vida das gerações presentes. No entanto, como apreendido em Marx (1985), os seres humanos na efetivação da existência real de cada geração produzem relações sociais, cujo nexó é o ser social em seu vir a ser, é o explicitar-se do ser humano como cooperação (união) e intercâmbio (vínculo) - materiais. Aqui o ser social é a condição posta, é a condição em si e que vai tornando-se para si, que desvela o caráter alienado contido no trabalho em geral (AUED, 2004).⁴³

Pois, a contradição é inerente à transformação, pelo ser humano, da base material, visto que, produzem-se, ao mesmo tempo, social e materialmente.⁴⁴

Assim sendo, a Ciência contemporânea tem disparado sucessivos golpes sobre as evidências produzidas pela experiência perceptiva rudimentar, evidenciando um movimento que se distancia do materialismo vulgar da produção da vida humana, porque os recentes avanços da física, em particular, isto é, a reconfiguração desse conhecimento, têm

tudo de Moscou determinaram que esses artefatos são muito antigos para serem comparados com modernos produtos manufaturados e, em 1996, o Dr. E.W. Matvejeva, do Departamento Central de Pesquisa Científica de Geologia e Exploração de Metais Preciosos em Moscou, escreveu que, apesar de possuir centenas de anos de idade, são de origem tecnologicamente tecnológica, tendo sido manufaturados, e que não são ocorrências naturais de fragmentos metálicos. As peças foram encontradas entre três e 12 metros de profundidade, em um estrato geológico de 20 mil a 318 mil anos. (EPOCH TIMES, 2012).

⁴³ Sobre o caráter alienado contido no trabalho em geral, isso será arguido em capítulo posterior.

⁴⁴ A formulação de que as forças produtivas e as relações sociais de produção se chocam umas com as outras (não-correspondência) só pode ter sentido no contexto da multiplicidade das transformações e da velocidade heterogênea (AUED, 2004).

obrigado revisões radicais não somente do cosmo, mas o senso a respeito de nós mesmos e nossa experiência do universo (GREENE, 2005) na medida em que a realidade física se mostra como um lugar de maior flexibilidade e amplitude.

E os ‘heréticos’ - termo usado por Teixeira (2002) - revelam-se à frente de seu tempo, sendo ensejados por condições materiais postas que não colocam, contudo, os problemas por eles relacionados como questões sociais a serem resolvidas. Por isso, comumente, revelam-se “brilhantes” somente mais tarde, quando socialmente se impõe como necessidade a resolução de problemas relacionados por aquelas “descobertas” (TEIXEIRA, 2002).

Dentre esses golpes destacam-se as descobertas nas ciências experimentais proporcionadas pela microscopia eletrônica, cuja principal função “é tornar visível ao olho humano o que for muito pequeno para tal” (DEDAVID, GOMES, MACHADO, 2007, p. 9), fundamentalmente, aquelas descobertas que ocasionaram a necessidade de formulação dessa parte do equipamento microscópico (isto é, a máquina ferramenta de precisão eletrônica que incide diretamente sobre o objeto a ser modificado), oriundas do que veio a ser chamado de “mecânica quântica” (GROOTE, 2001) a ser distinguido dos conhecimentos clássicos⁴⁵.

Evidentemente, que há mais de 2.000 anos, já ocorriam reflexões sobre a existência de partículas indivisíveis, os átomos, efetuadas por

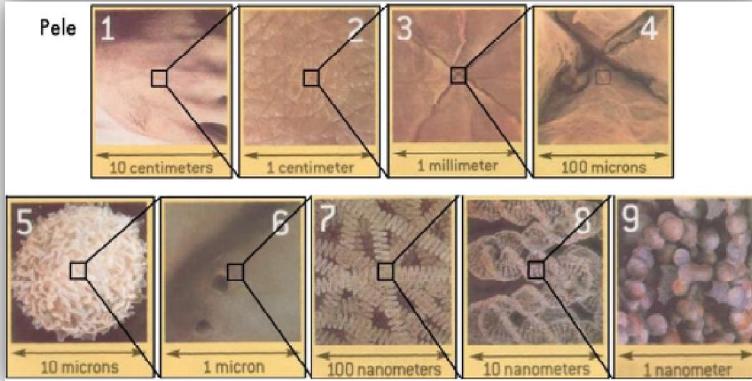
⁴⁵ Sobre a Mecânica Quântica e a Física Clássica, é necessário definir o que se quer dizer quando é feita referência a esses conceitos, que aparecerão no capítulo 4. A primeira se referiria à descrição de forma eficiente do mundo, em termos de precisão e detalhes, em dimensões microscópicas. Seria a base de sustentação da física nuclear, atômica, molecular e do estado sólido, da física das partículas elementares e da luz. E seus impactos práticos, frequentemente desapercibidos devido à sua escala micro ou nanoscópicas, atingem hoje as mais variadas aplicações, desde a área da Saúde até as Engenharias. (GRECA, MOREIRA, HERSCOVITZ, 2001, PERFOLL, REZENDE JUNIOR, 2006). Porém, “seus princípios fogem da visão clássica de mundo que possuímos, fazendo que a maioria deles levem a consequências que resultam ‘antiintuitivas’”, em função das “[...] implicações resultantes de conceitos como os de superposição de estados, princípio de incerteza, dualidade onda-partícula, distribuição de probabilidades e não localidade [...]” (GRECA, MOREIRA, HERSCOVITZ, 2001, p.444). Por outro lado, a Física Clássica salienta um raciocínio lógico e preciso, intuitivo, que não foi e nem poderá ser desconsiderado, pois “apenas os fenômenos que ela pode explicar foram limitados. Para ressaltar a sua importância, basta lembrarmos da presença da Física Clássica na Física Contemporânea em áreas como a Mecânica dos Fluidos e Sistemas Não Lineares, dentre outras” (PERFOLL, REZENDE JUNIOR, 2006, p.59). Seus desenvolvimentos científicos podem ser agrupados em um período anterior a 1900: “historicamente, a Física Clássica, que compreende o conhecimento físico desenvolvido até o final do século XIX não conseguia mais explicar, de modo adequado, diversos fenômenos como: a estabilidade do átomo, a permanência dos elétrons orbitando em torno o núcleo, a invariância da velocidade da luz e o espectro das radiações emitidas por um corpo quente. Apesar disso são ainda incontestáveis todos os sucessos da Física Clássica” (PERFOLL, REZENDE JUNIOR, 2006, p.58)

meio dos filósofos gregos Leucipo e Demócrito, porém, somente no século XX, a existência dos átomos foi comprovada com bases científicas, social e universalmente para *todos* os homens, quando vários experimentos demonstraram que os átomos apresentam uma estrutura que pode ser modificada por ações exteriores (a despeito do fato de no final do século XIX, já ter sido confirmada a existência de partículas menores do que o átomo, sem se saber, contudo, sua relação com o próprio átomo).

Desse modo, não se trata de minimizar ou excluir a atuação da consciência, da razão, do pensamento em favor de equipamentos ou meios que permitem visualizar as coisas. Trata-se de considerar que os conhecimentos também se evidenciam objetivações social e universalmente postas.

Nesse sentido, a fim de literalmente ilustrar o avanço da Ciência, observe-se a Foto 7, a seguir, sobre as aproximações da pele humana em diversas escalas, dentre as quais a nanométrica, obtida com um microscópio eletrônico.

Foto 7 - Escalas de aproximações da pele humana



Fonte: Maltez (s.d).

2.1 Técnicas da nanociência: um novo paradigma de informação e criatividade

Quando aqui se fala de técnicas, faz-se referência aos procedimentos, processos, equipamentos, aparelhos e instrumentos da nanociência. Contudo, seguindo o raciocínio de Marx (1996, p. 424), de que

“na manufatura, o ponto de partida para revolucionar o modo de produção é a força de trabalho, na indústria moderna, o instrumental de trabalho”, infere-se que **na base científica laboratorial, o ponto de partida que revoluciona o modo de produção é o objeto a que se aplica o trabalho**, bem como o caráter teleológico e social desse ato histórico⁴⁶. Se, historicamente, a manufatura produz a decomposição do trabalho artesanal; e a maquinaria, a decomposição dos meios de produção; a forma de produção científica laboratorial produz a decomposição e recomposição/recombinação do objeto sobre o qual se trabalha (CAMPANA, 2006).

Esse desenvolvimento não foi uma transformação histórica trivial (ESTAÇÃO CIÊNCIA, s.d, FERRAZ NETO, s.d, GARCIA, 2003, GROOTE, 2001, MARTINS, 2005, RENN, 2004), implicando que o objeto a que se aplica o trabalho é transformado:

- a) primeiro, mediante a impressão da forma exterior adequada à matéria utilizada (historicamente quando da grande indústria) e,
- b) num segundo momento, é transformado mediante a alteração da estrutura interna da matéria (historicamente, quando do laboratório) (CAMPANA, 2006).

A previsão de Richard Feynman (1918-1988), físico estadunidense, feita em 1959, ganhador do Nobel de física em 1965, de que seria possível colocar todo o conteúdo da Enciclopédia Britânica no espaço de uma cabeça de alfinete, não propôs discutir como fazer, mas o que era possível de acordo com as leis da física; tampouco imaginou a revolução do século XXI sendo feita com os princípios da mecânica clássica, a partir dos quais o processo de produção resulta em operações que visam imprimir ou controlar a forma exterior adequada à matéria utilizada.

⁴⁶ Para Marx (1996), o processo de trabalho é composto pelo trabalho em si, pelo instrumento de trabalho e pelo objeto ao qual se aplica o trabalho. O autor demonstra historicamente que o ponto de partida que revolucionou a manufatura é o trabalho em si e que o ponto de partida que revolucionou a grande indústria moderna é o instrumento de trabalho. Porém, o autor não pode desenvolver sobre o devir histórico da grande indústria, donde autores como Fausto (1987) e Prado (2003), a partir de reflexões de Marx contidas nos Grundrisse, procuraram desenvolver os elementos de uma terceira forma capitalista, por eles chamada de pós-grande indústria. Em Campana, procurou-se desenvolver esse conceito, definido como “sistema de laboratório”, na presente tese chamado de “produção de base científica laboratorial”. Seguindo-se o raciocínio de Marx e fundamentando-se sobre os estudos de Fausto (1987) de Prado (2003), buscou-se demonstrar que o ponto de partida dessa terceira forma está estreitamente ligada aos avanços científicos que se relacionam ao objeto sobre o qual se trabalha, qual seja, à forma elementar desse objeto.

Seu artigo sugere a produção com base no reordenamento de átomos e moléculas (FEYNMAN, 1959), a forma estrutural mais elementar – até então conhecida - de qualquer objeto⁴⁷.

Hoje, trata-se de decompor a matéria, de manipular/rearranjar átomos e moléculas para realizar processos, construir coisas ou construir seres vivos, sendo que a “matéria-prima” desse processo são os elementos químicos da Tabela Periódica (GUAZZELLI, PEREZ, 2009).

A produção mediante a nanociência consiste em ciências (disciplinas), técnicas e tecnologias dirigidas:

- ao estudo, desenho, criação, síntese, manipulação e aplicação de materiais, aparatos e sistemas funcionais através do controle da matéria à nano escala⁴⁸ e;
- à exploração de fenômenos e propriedades da matéria à nano escala, que se demonstram totalmente novos.⁴⁹

⁴⁷ Gleiser e Neves (2008) contam como os homens tentaram e continuam tentando responder à primeira pergunta científica “de que é feito o mundo”. Desde Tales, que se fez essa pergunta em torno de 650 a.C, na Grécia Antiga, até os alquimistas, e, depois, com os químicos, que revelaram que tudo o que existe é feito de menos de 100 elementos, e com os físicos, que mostraram que os átomos têm propriedades estranhas e que não são indivisíveis, sendo compostos por partículas ainda menores. “A cada avanço tecnológico, do microscópio aos aceleradores de partículas da física moderna, damos mais um passo em direção ao coração da matéria. E o que descobrimos nesse percurso mudou a história da humanidade: da energia nuclear que cria bombas destruidoras e terapias de combate ao câncer à digitalização da sociedade moderna, grande parte de nossa vida depende do nosso conhecimento da matéria e das suas propriedades. Somos feitos de mundos invisíveis” (GLEISER, NEVES, 2008, p.7-8).

⁴⁸ “Nano, que significa ‘anão’ em grego, quer dizer também um bilionésimo. Um nanômetro (1 nm), por exemplo corresponde a um bilionésimo (10^{-9}) do metro e um nanosegundo corresponde a um bilionésimo do segundo. O diâmetro de um átomo é cerca de 0,2 nm enquanto o de um fio de cabelo é de aproximadamente 50.000 nm. Já as dimensões típicas de um vírus se encontram na faixa de 5 a 100 nm. O nanomundo abrange desde átomos a objetos com cerca de 100 nm. Esse é o universo da nanociência e da nanotecnologia” (VALADARES, CHAVES, ALVES, 2005, p.vii).

⁴⁹ Ver site: <<http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia>>. Acesso em: 12 jul. 2005. Conforme Valadares, Chaves e Alves (2005) “um ponto importante no qual se baseia a Nanotecnologia é o fato de que o tamanho de um objeto afeta as suas propriedades quando se atinge a escala nanométrica (10^{-9} nm). Um pequeno cubo de ferro ilustra bem o que acontece quando é subdividido sucessivamente, gerando blocos cada vez menores. O cubo original apresenta propriedades específicas do elemento ferro: ponto de fusão, cor característica, imantação (transforma-se em ímã permanente na presença de um campo magnético), etc. Enquanto as dimensões dos pequenos cubos se encontrarem fora da escala nanométrica, as suas propriedades físicas não dependem tanto do tamanho dos blocos. Embora os cubos deixem de ser visíveis quando o seu lado fica menor que um décimo de milímetro, ainda assim podemos observá-lo com um microscópio óptico e verificar que eles apresentam as propriedades usuais do ferro. [...] Quando os cubos atingem a escala nanométrica, mudanças drásticas começam a ocorrer. Os nanoblocos fundem-se a temperaturas mais baixas e deixam de formar ímãs, entre várias outras alterações dependentes do tamanho dos cubos” (VALADARES, CHAVES, ALVES,

De acordo com observação feita no LCME-UFSC, uma riqueza de técnicas e tipos de estudos é empreendida, revelando não somente as “descobertas” em si, relacionadas ao objeto em si e sobre o qual se trabalha, em nível de composição estrutural, mas um longo processo de aplicação de técnicas de (coleta e/ou) preparação das amostras, de busca de respostas e a confirmação ou não das evidências a serem balizadas pelos conhecimentos e procedimentos científicos pertinentes a cada área.

Alguns exemplos práticos foram arrolados, no entanto não foram mencionados os autores pelo fato de os trabalhos estarem em andamento e as informações terem sido obtidas informalmente. Numa das pesquisas empreendidas no LCME, que originou dissertação na área de biologia celular e desenvolvimento, foram utilizados alguns dos equipamentos lá presentes (MET, MEV e Confocal), além dos diferentes aparelhos e técnicas de coleta e preparação de uma amostra biológica. Foram utilizados também outros aparelhos e equipamentos de outro laboratório dentro da UFSC. No caso dessa pesquisa, tratou-se da observação controlada dos efeitos estressantes dos raios ultra-violeta sobre determinado tipo de alga coletada (que possui importância econômica, mas é difícil de ser cultivada), no que diz respeito a alterações morfológicas, de germinação/reprodução e crescimento.

Outro trabalho, relacionado ao desenvolvimento de uma tese da engenharia mecânica, estudava os ‘precipitados’ do aço (‘precipitado’ é a combinação de boro com carbono, sendo uma pequena parte dos elementos que compõe o aço). Foi explicado pelo usuário que a adição de boro deixava o aço mais duro, só que o ‘como’ esse material ficava mais duro é o que era a dúvida na literatura, havendo contradições, nesse sentido. Já tinham sido feitos vários estudos, tais como análise de dureza, análise de microscopia óptica, de resistência-tração, de varredura, dentre outros, e seria utilizado o MEV-FEG e depois o MET para suprir tal dúvida. O uso do MEV-FEG visaria descobrir a existência de “algo” além do boro (algum “pontinho”) e em qual amostra e região da mesma (embora o equipamento não permitisse descobrir exatamente o que seria esse “algo”), e o uso do MET por meio da difração serviria para se ver do que seriam feitos esses precipitados (boro *mais* o quê?).

Numa terceira pesquisa, relacionada ao desenvolvimento de uma tese da engenharia química, estudava-se a água que sai poluída das in-

2005, p.52). Em outras palavras, em escala nanométrica, os objetos ‘perdem’ suas características usuais, de maneira a revelar outras propriedades.

dústrias e tentava-se chegar à molécula pura de água, H^2O . A pesquisadora somente trabalhou com o MEV-FEG, porque a amostra líquida era muito pequena (e, nesse caso, o MEV-FEG tem a amplitude de permitir a análise da superfície - o relevo - da amostra). A partir de algumas perguntas, obteve-se a informação que o conhecimento novo que a tese da pesquisadora produzia não era passível de ser patenteado porque não conduzia a um processo: foi explicado que o dióxido de titânio já é um produto industrial, e que a pesquisa só tinha descoberto uma nova função desse componente, mas não a um processo.

Foi confirmada pela observação que quando se fala de pesquisas envolvendo nanociência ou nanotecnologia, geralmente distinguem-se os objetos de estudo, as técnicas utilizadas e os diferentes produtos que serão gerados (tais como nanomagnetismo, metais ultrafinos, drogas nanocristalinas, nanofibras poliméricas, dentre outros), pois serão diferentes para cada área agregadora de disciplinas.

Contudo, essas pesquisas agregam práticas e métodos não somente das várias áreas das ciências naturais, mas também destas com as das ciências formais, conforme o Desenho 1 a seguir.

Desenho 1 - Áreas relacionadas ao conhecimento nanocientífico



Fonte: Melo (s.d).

No entanto, cabe a este desenho uma crítica, pois observa-se que não contempla a área de ciências humanas e sociais. Ao mesmo tempo, isso também representa a forma como as humanidades têm sido tratadas por parte dos gestores dos Comitês do Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI), quanto aos editais públicos de projetos sobre as nanotecnologias (MARTINS, 2007).

Sem financiamentos à área de humanidades no tocante a essa temática, não admira que os conhecimentos nanocientíficos e das nanotecnologias não sejam amplamente estudados e analisados quanto aos seus impactos do ‘ponto de vista’ humano e social, apesar dos esforços de Martins (2006), Coordenador da Rede de Pesquisa, Sociedade e Meio Ambiente (RENANOSOMA) e o único pesquisador das humanidades até 2007 a conseguir financiamento do MCTI para estudar a questão (MARTINS, 2007).

Isso difere totalmente da literatura internacional “[...] em que a **nanotecnologia é caracterizada como multidisciplinar** e, em consequência, estudos no campo das ciências humanas são contemplados” (grifos nossos) (MARTINS, 2007, p. 47).

É importante salientar que por tecnologia entende-se ser algo diferente da ciência aplicada; *techne*, do grego, indica um fenômeno que pertence ao âmbito do conhecimento, não é um mero fazer, mas um saber-fazer endereçado à *produção* de algo novo e não à descoberta de algo existente (CUPANI, 2011).

Assim, a tecnologia nos afeta e desafia qualquer que seja a nossa atividade. E é sabido que já existem muitos produtos no mercado com partículas nanoestruturais (e se não participamos de sua criação, é quase impossível que não sejamos seus usuários), porém seus efeitos não são bastante conhecidos, sendo um risco considerável.⁵⁰ “Nessa situação existe o conflito entre lucro e ética, normalmente, o lucro é quem deve ganhar esta batalha desigual” (SANTANA *et al*, 2011, p. 7).

E é por isso que se trata de:

⁵⁰ Uma série de produtos que já contém nanopartículas e empresas que empregam nanopartículas, bem como de empresas e universidades e laboratórios de formação que pesquisam e desenvolvem esses conhecimentos, são listados por Guazzelli e Perez (2009, p.7-11). No entanto, especialmente no Brasil, “as informações sobre se um produto realmente é nanotecnológico estão sujeitas a falhas. Como não há rotulagem obrigatória, nem sempre as empresas são claras em dizer o que seus produtos contêm. Há produtos que não são nanotecnológicos e que as empresas, por propaganda, dizem que são. Há outros que são e as empresas, por cautela, não dizem”.

Uma realidade que pode (e deve) ser tematizada pelas áreas tradicionais da filosofia, pois encerra questões tanto ontológicas quanto epistemológicas, tanto éticas quanto estéticas, tanto relativas à filosofia política quanto referentes à filosofia da história (CUPANI, 2011, p. 9).

Essa discussão é necessária uma vez que as reflexões filosóficas sobre tecnologia não se reduzem aos filósofos, no sentido acadêmico, mas provêm de historiadores, sociólogos, cientistas políticos, dentre outras especialidades humanísticas e sociais (CUPANI, 2011). As tecnologias precisam ter uma abordagem multidimensional, como defende Guimarães (1995).

Essencialmente, a fim de superar a síndrome da “modernização tecnológica periférica”⁵¹, é fundamental incluir as ciências humanas e sociais aplicadas no debate, em função das variadas abordagens de suas disciplinas e porque poucos são os autores dessa área que estão a contribuir com a discussão sobre as nanotecnologias.⁵² Atualmente, o ponto de vista que mais tem produzido estudos quanto à questão dos impactos das nanotecnologias e da produção nanocientífica, dentro da área das humanidades, tem sido o da saúde humana, do meio ambiente e da ética.⁵³ Destaca-se o trabalho pioneiro do RENANOSOMA e da Produtora Último Ato, o Documentário “Nanotecnologia - O Futuro é Agora”, que trata de vários aspectos das nanotecnologias⁵⁴.

⁵¹ A modernização tecnológica periférica sempre é o tema ou questão discutida bianualmente, por meio de seminário, organizado pela Fundação Joaquim Nabuco - FUNDAJ -, em Recife.

⁵² Quando foi iniciado o curso do doutorado pela autora dessa tese, em 2008, eram praticamente inexistentes as referências sobre o assunto do ponto de vista das ciências humanas, além de não estarem disponibilizadas eletronicamente. Atualmente, as ciências sociais, encontram-se as produções de Amorim (2008), Matteddi, Martins e Premevida (2011) e Silva, M. B. (2008). Na educação, Laureth e Invernizzi (2012), Leonel (2010), Lima e Almeida (2012), Hayashi *et al* (2006) e Silva, I. (2004). Na administração, Manica, Kovaleski e Braghini Junior (2010), Marques (2008), Santos (2008) e Tomioka, Lourenço e Blumetti (2010). Na economia, Barth (2006), Garacisi, Camara e Sereia (2011), Gordon (2010), Ramos *et al* (2009) e Sargentelli (2012). Na filosofia, Lêdo, Hossne e Pedroso (2007). Na história, Fernandes (2011). Na comunicação, cultura e política, Rattner (2005), Rothberg e Resende (2010), Schultz (2009) e Silva, M. (2004). No direito, Alvez e Boff (2012), Dutra (2009), Engelmann (2009), Ferronato (2010), Flain (2011), Melo (2010), Pereira (2008) e Silva, C. (2006). Até o momento, estão em aberto trabalhos de disciplinas como psicologia, geografia, serviço social.

⁵³ Nesse sentido, as produções encontradas são: Alves (2008), Barros (2011), Faria *et al* (2013), Fronza (2006), Lenz e Silva (2008), Matos, Santos e Barbosa (2012), Quina (2004), Raposo e Areosa (2009), Sant’anna, Alencar e Ferreira (2013) e Siqueira-Batista *et al* (2010).

⁵⁴ Disponível no Canal do RENANOSOMA, em < <http://www.youtube.com/user/renanosoma> >, com as seguintes partes, cada qual com duração entre quatro e seis minutos: 1. O que é nanotecnologia?, 2. Aplicações da nanotecnologia. 3. Impactos na saúde e no meio ambiente,

Ainda assim, mesmo sem a presença substancial das humanidades no debate, existe uma diversidade de ideias sobre o que é o fazer científico, as quais agregam práticas e métodos das ciências naturais e formais.⁵⁵ Isso decorre do próprio modo de fazer Ciência nas diferentes áreas, mas que, apesar disso, aparecem em intercâmbio no LCME, seja na elaboração de amostras, seja na análise destas, constatando-se uma interdisciplinaridade como princípio da própria produção do conhecimento (por meio do intercâmbio entre diferentes disciplinas da ciência e seus ramos), e, mais concretamente, para a pesquisa, mas não como “método de investigação” (JANTSCH, BIANCHETTI, 2011) *a priori*.

Também, a interdisciplinaridade foi observada quando a) da formação originária da Comissão de Implantação do LCME, agregando pesquisadores de diferentes áreas, b) explicita-se o objetivo operacional do LCME e c) aprofunda-se a formação dos servidores técnicos do LCME, para além do enquadramento formal colocado por concurso público realizado em 2008.

O objetivo operacional do LCME é “[...] a realização de experimentos visando à caracterização ultra-estrutural de diferentes materiais

4. Ética e nanotecnologia, 5. Principais potenciais e riscos, 6. Engajamento público em nanotecnologia, 7. O futuro. Além disso, o RENANOSOMA organiza vídeos de entrevistas com pesquisadores da área de nanotecnologia no endereço eletrônico < <http://vimeo.com/user1703498/videos> >, o que totalizava 247 entrevistas, em 18 de jun. 2013.

⁵⁵ “Neste século, muitos pesquisadores ainda fazem ciência a partir do paradigma clássico. A nanotecnologia, por exemplo, avança em algumas direções, mas ainda permanece em parte presa ao pensamento clássico quando o assunto é a racionalidade científica e a fragmentação do conhecimento. Ainda existe a ideia da ciência como produtora de uma verdade única e esta ideia ainda orienta a produção de conhecimentos no campo científico, comenta Condé [Mauro Lúcio Leitão Condé, professor do Curso de Especialização em História da Ciência na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)]. Porém, a maioria dos cientistas que trabalha com a matemática, por exemplo, pensa a ciência como a busca por uma verdade pontual, a busca pela resposta a certas perguntas, diz o pesquisador. [...] [Entretanto] a coexistência de pesquisas que se orientam por múltiplos paradigmas da ciência - que marcaram os séculos XVII, XIX e XX - é uma marca da produção científica multidisciplinar, como a nanotecnológica. Walter Carnielli, diretor do Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência (CLE), da Unicamp, comenta que ‘isso não é um problema, não é errado a coexistência dos múltiplos paradigmas dentro da mesma comunidade científica, mas é preciso perceber que existem diferenças que têm que ser reconhecidas’. A nanotecnologia agrega práticas e métodos das ciências naturais e das ciências formais. As ciências formais independem do empirismo, de laboratórios, de experimentação, diferenciando-se das ciências naturais porque lidam com problemas que ‘existem apenas na cabeça dos cientistas, não têm substância, não se alimentam, são feitos apenas de hipóteses e de suas conseqüências’, comenta Carnielli. Os sistemas computacionais e os *softwares* são produtos bastante interessantes das ciências formais. Recentemente, a filosofia tem se dedicado a estudar os problemas que emergem das ciências formais e que envolvem, entre outras áreas, a matemática, as ciências cognitivas, a semiótica, a semiologia e a lógica” (COMCIÊNCIA, 2002, p.1).

biológicos e das ciências do materiais” (sic) (UFSC-PRPe, 2008, p. 24), porque:

As áreas de saúde, biologia, eletrônica, química e de materiais estão entre as que mais avançam com o desenvolvimento do universo nano, onde o princípio é a construção de estruturas e novos materiais a partir dos átomos.[...] [E o LCME] vai possibilitar avanços nos estudos de pesquisadores de áreas como física, química, biologia, agronomia, farmácia, farmacologia, odontologia, engenharia de materiais e engenharia química (UFSC-PRPe, 2007, p. 12).

Disso, poder-se-ia levantar a possibilidade de que o LCME é um espaço transitório, isto é, o ‘novo’ pedindo passagem no modo do ‘velho em superação’? Ou, ainda, de que o ‘novo’ está a exigir uma nova materialidade, mas que somente se impõe tendo a ‘base velha’ (as disciplinas isoladas) para superá-la?

Esse requerido intercâmbio de conhecimentos provenientes de diferentes áreas vai se expressar no corpo técnico do LCME da seguinte forma:

- um técnico atuando no campo da engenharia de materiais (sendo sua formação nessa mesma área);
- dois servidores técnicos atuando no campo da física (sendo um formado em engenharia elétrica e o outro em física);
- dois servidores técnicos atuando no campo da biologia (sendo um da engenharia de aquicultura e o outro da biologia);
- um servidor técnico atuando no campo da química (sendo sua formação nessa mesma área).

Nesse sentido, segundo Alves (2004), professor do laboratório de química do estado sólido da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), no que diz respeito aos conhecimentos necessários para se trabalhar com nanociência e nanotecnologia, trata-se de um escopo abrangente, mas que está na interseção entre química, física, engenharia e biologia⁵⁶, interdisciplinaridade que é reforçada pela observação no LCME.

⁵⁶ Um levantamento desses conhecimentos está em Alves (2004, p.32-33).

Ainda, para além disso, foi verificado o alto nível de escolaridade dos servidores técnicos do LCME, conforme o Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 - Nível de escolaridade dos servidores técnicos do LCME (2010)

Graduação	Qtd. de técnicos	Mestrado	Doutorado	Enquadramento pelo concurso
Engenharia de materiais	1	sim	Andamento	Nível Superior
Engenharia elétrica	1	não	Não	Nível Técnico
Física	1	Sim	Andamento	Nível Superior
Engenharia de Aquicultura	1	Sim	Andamento	Nível Técnico
Biologia	1	Sim	Não	Nível Superior
Química	1	Sim	Andamento	Nível Técnico

Fonte: Dados da pesquisa, elaboração própria.

O Quadro 2 acima evidencia que todos os servidores técnicos pertencentes a esse tipo de espaço, como o LCME possuem nível superior. Na ocasião da observação realizada - em 2010 - havia quatro servidores técnicos com titulações de mestre, e um mestrado em andamento; e dois doutorados em andamento. Ou seja, apesar de nem todos serem enquadrados como funcionários de nível superior, pois alguns fizeram o concurso para nível médio, possuem o mesmo grau de escolaridade e na prática - conforme observação de campo - efetuam as mesmas atividades.

Isso corrobora a afirmação de Matteddi, Martins e Prenebida (2011) de que a nanotecnologia pressupõe novas estratégias de treinamento e programas de reciclagem e novas formas de atração e recrutamento de “nanotecnologistas”, isto é, “novos seres sociais”.

Tais colocações, por si só, fazem emergir a natureza interdisciplinar, colocando-nos, desde o primeiro momento, frente a uma característica cada vez mais presente nas chamadas novas tecnologias que, de resto, vale para a nanotecnologia, qual seja: a necessidade da concorrência de diversas expertises e de sistemas cooperativos de facilidades laboratoriais e instrumentais (ALVES, 2004, p. 29-30).

Schultz (2009), professor do Instituto de Física da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), também afirma que os procedimentos investigativos da nanociência são interdisciplinares.

A interdisciplinaridade posta pela produção de base científica laboratorial não aparece como elemento de redução a um denominador comum (multidisciplinaridade). Mas, como princípio mediador entre as diferentes disciplinas, na medida em que aparece, nas palavras de Etges (2011), como um elemento teórico-metodológico da potencialidade das diferenças, da criatividade e compreensão dos limites de cada área.

Comumente os prefixos multi, pluri, inter e trans são colocados como sinônimos da relação entre as disciplinas, no entanto, “a idéia de integração e de totalidade que aparentemente perpassa estes conceitos tem referenciais teórico-filosóficos diferentes e inconciliáveis”: interdisciplinar supõe uma integração teórica e prática numa perspectiva da totalidade, e transdisciplinar, a interação entre as disciplinas sem qualquer fronteira (SILVA, M., 2004, p. 3).

2.1.1 Abordagens técnicas para as nanotecnologias

Destaca-se, agora, as abordagens distintas para as nanotecnologias, conforme corroborado por Alves (2004), Rodrigues (2008) e Martins (2009), a partir da interdisciplinaridade das técnicas envolvidas das várias áreas da ciência:

[a] abordagem de cima para baixo (*top-down*), que consiste na construção de dispositivos por desbaste de materiais macroscópicos;

[b] abordagem de baixo pra cima (*bottom-up*), que se relaciona à construção de dispositivos que se formam espontaneamente, a partir de componentes moleculares e;

[c] manipulação de materiais átomo a átomo, que requer um controle fino da matéria, a visualização e manipulação de átomos (já possível desde que Binnig e Rohrer, ganhadores do Prêmio Nobel, em 1986) inventaram técnicas de varredura de sonda). Essa terceira abordagem, fundada na microscopia de tunelamento, apesar de ter como fundamento a microscopia ele-

trônica, não é empreendida no LCME-UFSC, e por isso não foi analisada no presente trabalho.⁵⁷

Segundo Alves (2004), na primeira abordagem fica clara a influência do substrato teórico e experimental que vem da microeletrônica, da engenharia e da física, por exemplo, e no segundo caso, grande parte do arcabouço vem do terreno da química e biologia, de onde emergem diferentes estratégias para tratar a complexidade, controlar a auto-organização e os efeitos supramoleculares. Para o autor, isso expressa a característica interdisciplinar do processo, baseada em expertises e sistemas cooperativos.

Embora as citações explicativas que se seguem, referentes a essas abordagens sejam bastante específico-técnicas, convém discorrer sobre elas, pois são uma síntese dos processos estruturantes que se relacionam diretamente com as fundantes atividades técnicas demandadas no LCME-UFSC, de uso de variados métodos, recursos, aparelhos auxiliares, trabalhosa preparação de amostras (deve-se ter sempre em mente que a preparação da amostra não deve afetar as suas características) e de sua longa análise empreendida.

Ao mesmo tempo, é inviável discorrer sobre todos os processos existentes e possíveis, já que sua escolha depende do tipo de material e da informação que se deseja obter, o que implica no intercâmbio de conhecimento não só entre as diferentes áreas – o que pode (e deve) levar, afirma Cupani (2011), a novos conhecimentos e a novas “técnicas” (descobertas).

Ademais, as exemplificações se fazem necessárias para que minimamente essas técnicas sejam compreendidas como processo e não apenas em termos dos seus resultados, bem como para que se tenha uma

⁵⁷ Especulou-se que o fato dessa técnica não ser empreendida no LCME/UFSC deve-se ao fato de ser uma técnica mais cara e de uso restrito a superfícies rígidas e condutoras ou semicondutoras. O microscópio eletrônico de varredura por efeito túnel/quântico (*scanning tunnelling microscope*), a ferramenta fundamental para a entrada no pequeno mundo, foi “criado”, em 1981, pela equipe do laboratório da IBM em Zurique, na Suíça (CARDOSO, 2005). A diferença deste em relação aos dois que existem no LCME (o MEV e o MET) é que seu princípio de funcionamento “pressupõe que todos os corpos apresentam características ondulatórias que emitem energia. O aparelho possui uma agulha que dista da amostra em 1 Å (10^{-6}). Pelo caminhar da agulha na superfície da amostra se forma uma corrente energética chamada tunelamento. Os elétrons do material são atraídos para a agulha formando um túnel. Então, quando a agulha passa sobre um átomo, a corrente aumenta e quando ela percorre sobre os espaços entre os átomos ela diminui. Os sinais de aumento e diminuição são transmitidos para a tela de um computador formando imagens semelhantes a vales e montanhas” (MARCHI, CASTRO, 2005, p.19). Como visto adiante, o funcionamento do MEV e do MET não ocorrem com base numa agulha ou ponta que escaneia a superfície.

noção do que é efetuado, a partir da busca de pesquisas que descreviam o ‘processo dos métodos empregados’ e os ‘equipamentos utilizados’.

Entretanto, essas informações não são fáceis de serem encontradas, porque comumente aparecem em “segundo plano” (o importante são os ‘resultados’), sendo, por isso, em geral, minimizado, tal como se fosse algo ‘dado’ ou óbvio dentro do campo de conhecimento e que não precisasse ser relatado. Pouquíssimos são os trabalhos de teses e dissertações que contêm fotos dos processos e equipamentos especificamente observados no LCME. Evidentemente que são os citados aqui.

Durante a pesquisa de campo, evidenciou-se, em geral, ser mais demorado preparar uma amostragem do que a observar no microscópio, sendo esta atividade um trabalho meticuloso, de paciência e persistência: o desafio principal é preparar uma “amostra boa”, sendo algo “bem artesanal”, à semelhança da maneira como um artista trabalha os pequenos detalhes numa escultura, fazendo um cuidadoso desbaste do excedente de um grande bloco de pedra ou madeira (no caso de uma amostra material). Porém, é um artesanal com aspas, já que tem por pressuposto uma gama de conhecimentos acumulados, objetivados/exteriorizados, social e universalmente postos, tanto como trabalho passado como trabalho vivo, e sendo colocados em movimento por meio do *general intellect*, a partir do que os servidores técnicos são expressões individualizadas. Sob essa compreensão é que uma única amostra pode levar dias para ser preparada; uma amostra realmente boa, algumas semanas; o resultado da pesquisa em si, alguns meses; e a produção de um “bom pesquisador”, alguns anos. Nesse sentido, o ‘início do novo’ é o *general intellect* e não a interdisciplinaridade.

Diante desse processo, remete-se a Cupani (2011) que afirma que o que reúne formas antigas e modernas de técnica é o fato de serem manifestações da capacidade humana de *fazer* coisas e de que toda a produção é manifestação de um *saber*. E embora se possa pensar essas técnicas como obra do ser humano como indivíduo, na verdade, existem como dimensão constitutiva do caráter natural e social do ser humano. (CUPANI, 2011). Além disso, se o homem produz e usa artefatos como manifestação de sua vida em sociedade, isso implica que a maneira de produzir e servir-se de artefatos depende, obviamente, do tipo de sociedade em que tais atividades ocorrem (CUPANI, 2011, p. 15).

Nesse sentido, compreende-se essas características do processo de preparação de amostras, porque relacionados com a) o intercâmbio de diferentes áreas (que a produção do conhecimento pressupõe), b) a composição diversificada de uma equipe atuante em microscopia eletrônica de alta resolução e confocal e c) sua alta escolaridade requerida, jamais

podem ser um resultado individual. Ao contrário, essas características são resultados do conhecimento como trabalho passado, materializado em equipamentos, aparelhos, instrumentos e insumos, e como trabalho presente, materializado nos homens pensantes. Por isso, afirma-se aqui como ponto de partida, embora historicamente seja ponto de chegada.

As especificidades das pesquisas empreendidas no LCME são tão profundas e variadas que a ciência parece caminhar solitariamente em relação ao cotidiano da sociedade e de seus problemas, a passos muitas vezes lentos e de resultados 'não pragmáticos'. Posto isto, não é de se estranhar o fato de serem questionadas em relação aos seus resultados sociais, financeiros etc. Por outro lado, isso culmina numa (auto)pressão porém, improdutiva do ponto de vista do processo de conhecer, sobre os pesquisadores-professores, pós-graduandos e servidores técnicos do LCME para se aumentar o número de publicações, mesmo que isso não necessariamente signifique um avanço científico, isto é, a produção de algo novo; ao contrário, é sabido que pode-se publicar um único artigo científico representativo de um avanço gigantesco sobre alguma questão.

Contudo, ao se indagar **qual o valor de pesquisas desse tipo**, empreendidas no LCME, é preciso ter em mente a tendência posta no início do século XX, expressada por Charles E. K. Mees.

É quase impossível encontrar algum tipo de trabalho científico em física ou química - da física do átomo à química orgânica estrutural - que mais cedo ou mais tarde não vá ter aplicações e importância direta para as indústrias. Trabalhos de pesquisa fundamental como esses requerem laboratórios diferentes dos laboratórios usuais de trabalho e pesquisadores diferentes daqueles empregados num laboratório puramente industrial. Significam um laboratório grande, equipado com esmero e com equipe de peso, empenhada por muitos anos em trabalho que não trará remuneração e que, por um tempo considerável, não chegará a nenhum resultado que possa ser aplicado pelo fabricante. **O valor de tal laboratório será cumulativo, à medida que o trabalho continua. A princípio, ele será útil para a indústria por trazer novos pontos de**

vista sobre muitos dos seus problemas [grifos do autor] (MEES, 1920⁵⁸).⁵⁹

Com esse sentido é que foi necessário aprofundar as duas abordagens técnicas para as nanotecnologias, anteriormente mencionadas, buscando evidenciar o motivo de “o valor de um laboratório ser cumulativo”, muitas vezes lento e sem aplicação imediata ao capital.

[a] Na abordagem *Top-down* mecanismos e estruturas com uma tecnologia já existentes são miniaturizados até à escala nanométrica, fazendo-se uso de técnicas de *etching* ou feitas à máquina.

Aqui é notória a clara influência do substrato teórico e experimental que vem da microelectrónica, da engenharia e da física. [...]

Nesta abordagem, tenta-se fabricar um objecto nanométrico pela eliminação do excesso de material existente numa peça de matéria prima, à semelhança da maneira como um artista trabalha os pequenos detalhes numa escultura, fazendo um cuidadoso desbaste do excedente de um grande bloco de pedra ou madeira. Este procedimento, “de cima para baixo”, recorre à engenharia de precisão e às chamadas técnicas de litografia, que correspondem a uma série de etapas de corrosão química selectiva e extremamente precisa para a

⁵⁸ Criador do primeiro laboratório industrial norte-americano (da Kodak), em 1912. A leitura de sua obra “[...] traz compreensão sobre o entendimento de então a propósito do que é Ciência e método científico; e delinea semelhanças e diferenças ainda fundamentais entre a pesquisa industrial e a pesquisa básica e entre o papel da Universidade e o papel da empresa no desenvolvimento científico e tecnológico. Oitenta e quatro anos separam o pensamento de Mees da realidade de hoje. Mees preconiza que, se sobre o laboratório industrial repousa a responsabilidade pelo futuro de um setor industrial, então esse laboratório não pode prescindir da investigação básica dos temas relacionados. Em 84 anos, muito mudou — como as questões de fronteira da ciência, na época energia elétrica e estudo das terras raras, por exemplo —, mas há o que tenha permanecido — como a reclamação sobre o valor da remuneração dos pesquisadores na academia.

⁵⁹ Uma anedota ilustra bem o ponto de partida da *base científica laboratorial*, o *objeto* e a não-compreensão por parte dos homens das descobertas em fins do século XIX, momento em que se colocava claramente a importância de instrumentos (máquinas) melhores, mas sem saber que os conhecimentos a isso relacionados se vinculavam a um novo campo de conhecimento (os conhecimentos quânticos). “Quando o físico e químico britânico Michael Faraday (1791-1867) demonstrou o fenómeno recém-descoberto da indução eletromagnética, o então ministro das finanças da Inglaterra, William Gladstone (1809-1898), teria perguntado ao cientista: ‘Está tudo muito bem, mas para que serve a indução eletromagnética?’ A resposta de Faraday: ‘Eu não sei, mas um dia o senhor poderá cobrar imposto sobre isso’” (RUMJANEK, 2004, p.22).

preparação final do objecto nanométrico a partir de um bloco macroscópico do material. Actualmente utilizado para fabricar circuitos de microchips, os métodos *Top-down* têm vindo a ser melhorados e refinados graças à indústria dos semicondutores.

A engenharia de precisão tem na escala o calcanhar de Aquiles, pois é um processo clássico que não tem em conta as interações de natureza quântica à nanoescala. As ferramentas das máquinas de alta precisão conseguem excelentes desempenhos quer no que diz respeito à precisão, quer no que diz respeito ao acabamento de superfícies. De uma forma geral está ligada à indústria da micro electrónica, desde a produção de *wafers* planos de semicondutores utilizados como substratos para chips de computadores, passando pelo processo mecânico de posicionamento dos mesmos até à manufactura do sistema óptico de precisão utilizado para imprimir os padrões nestes. É também usada numa vasta gama de produtos, discos rígidos de computador e leitores de cd e dvd (MALTEZ, s.d).

No LCME-UFSC, à semelhança dessa abordagem, “de cima pra baixo”, algumas amostras materiais precisam ser produzidas em escala de micrômetros (μm), para a sua visualização em nanômetros (nm), através da eliminação do excesso de material existente numa peça de matéria prima.

Um preparador experiente de amostra para o Microscópio Eletrónico de Transmissão (MET 200) pode levar até dois dias preparando-a, sendo que muito estudo anteriormente necessita ser feito sobre as ‘possibilidades’ que serão vistas. Por isso, todo o cuidado com a amostra para esse equipamento, antes (com a seletividade da qualidade do material), durante (com sua feitura) e depois (com seu acondicionamento), é empreendido. Entretanto, não constitui a finalidade absoluta que os homens sejam “educados” para serem “preparadores de amostras”, pois se afirmariam tão somente como ‘conhecedores’ de uma parte limitada do processo.

Como exemplo desse processo preparatório de amostra, tem-se a seguir um vídeo de apenas uma parte da preparação de uma amostra de aço automotivo no LCME-UFSC: o corte do material na Cortadora com

disco adiantado (Leco VC-50) e depois o seu desbaste com a Lixadeira/Politriz Universal (Arapol-E).

Vídeo 1 – Cortadora e Lixadeira < <http://youtu.be/MazoiLIW8Vc> >.

No caso desse vídeo, em relação ao segundo aparelho (que fica fazendo a lixa girar e vai jogando água enquanto o usuário segura a amostra por cima com as mãos), o usuário, doutorando do curso de engenharia mecânica, já tinha usado três lixas para fazer três amostras.

Um terceiro aparelho usado na preparação dessa amostra foi o *Disk Grinder*, que possibilita um lixamento manual da amostra (Foto 8, a seguir). O objetivo é diminuir gradativamente a espessura da amostra, medida em micrômetros (μm).

Nesse aparelho a amostra de três milímetros foi posicionada na parte de baixo, num orifício, tendo que ser nivelada com o disco do aparelho, a partir de uma lâmina de vidro e uma lixa (cor azul, na Foto 8) para microscópio. “Esse procedimento deve ser feito com cuidado girando-se o botão do *Disk Grinder* até a coincidência” (SAYEG, 2010, p. 285)⁶⁰.

Foto 8 – *Disk Grinder*



Fonte: Sayeg (2010, p. 285).

⁶⁰ Sayeg (2010), a respeito do processo de sua tese de doutorado em engenharia metalúrgica, defendida na Universidade de São Paulo, detalhou rica e objetivamente o mesmo procedimento - em geral, demorado, cuidadoso, minucioso e manual -, que foi verificado quando se observava a atuação de um usuário, durante a pesquisa de campo no LCME, resguardando-se as devidas especificidades de cada um dos estudos.

Sobre o procedimento, ele é exatamente assim (Foto 9, a seguir):

16. Toma-se uma placa espessa de vidro onde posiciona-se a lixa de grana 600. Molha-se com água e começa-se o lixamento perfazendo uma trajetória na forma de oito. Lixa-se a face exposta [...] acrescentando-se 5 μm no botão do disk grinder [...] em cada etapa do lixamento. Deve-se manter a lixa molhada e limpa durante essa etapa lavando-se constantemente com água. Faz-se diversos controles dimensionais com o microscópio óptico que tem acoplado um relógio micrométrico apalpador comparador. Este lixamento deve ser feito até atingir a espessura de 230 μm ;

17. Troca-se a lixa anterior por uma grana 1200 e se procede da mesma forma que a etapa anterior até a espessura atingir 200 μm ;

18. Toma-se uma outra placa de vidro limpa e coloca-se sobre a mesma pasta de diamante de grana 3 μm molhada com isopropanol P.A. Lava-se o conjunto disk grinder com detergente e seca-se com nitrogênio gasoso. É importante fazer uma boa secagem já que gotas de água poderão atrapalhar a movimentação do conjunto disk grinder-disco sobre a placa de vidro com pasta de diamante. Procede-se o desbaste fazendo uma trajetória inicialmente elíptica de forma periférica em relação ao centro onde foi colocado as primeiras porções de pasta de diamante. Quando a pasta apresentar um bom espalhamento pode-se mudar a trajetória para a forma de oito e mantê-la até atingir 180 μm de espessura. Esta etapa se faz necessária devido a diferença de resistência da amostra entre a matriz e os carbonetos. Geralmente a amostra tende a abaular o que compromete significativamente a preparação da mesma pondo em risco de perda total do disco.

Foto 9 – Polimento manual do disco em pano embebido com dispersão de allumina.



Fonte: Sayeg (2010, p. 287).

19. Lava-se com água detergente o conjunto disk grinder e disco e seca-se com nitrogênio gasoso em alta pressão;

20. Através de uma placa de vidro com um pano de polimento fartamente embebido de dispersão de alumina faz-se o polimento inicialmente com movimentação em trajetórias aproximadamente elípticas para espalhar a solução e depois em forma de círculos em volta do centro do pano até atingir 160 μm [...];

21. Este procedimento deve também ser acompanhado através do microscópio óptico com o relógio micrométrico apalpador comparador para que não ultrapasse medidas que comprometam o procedimento;[...] (SAYEG, 2010, p. 286-287).

O quarto aparelho usado, observado no LCME, foi o *Dimple* (Foto 10, a seguir), que faz um afinamento/lixamento do centro da amostra material, através da ação mecânica de abrasão sendo operado manualmente, pois pressão, velocidade e profundidade do desgaste podem ser controlados. Esse aparelho faz um afinamento intermediário por desbaste.

Já o *Pips* (*Precision Ion Polishing System*, em inglês – polidor iônico de precisão) (Foto 11), o quinto aparelho usado pelo usuário, faz

um polimento especial e um furo na amostra, também sendo controlado pelo operador. Nesse caso, algumas vezes o usuário era auxiliado pelo técnico e outras vezes não, mas no geral o técnico necessitava estar presente, acompanhando o processo para que não houvesse risco de se perder a amostra e/ou também de os aparelhos serem danificados pelo uso inadequado.

Foto 10 – *Dimple*, onde é produzido um afinamento intermediário da amostra material



Fonte: Pereira (2010, p. 171).

Foto 11 – *Pips* (Polidor iônico de precisão)



Fonte: Pereira (2010, p. 171).

Esses dois últimos aparelhos demandavam cuidadoso, minucioso, longo e constante acompanhamento, não podendo o trabalho ser interrompido uma vez iniciado. Em termos práticos, o doutorando, usuário do LCME, ficou em função dessa preparação de amostras o dia inteiro, sendo que essas diferentes etapas se repetiram por muitas vezes. Do mesmo modo, essa rotina se aplicou ao técnico do LCME, quando se tratava do uso do *Dimple* e do *PIPS*.

A intenção do usuário - assim se autodenominava o pós-graduando, sujeito pesquisador - era ter uma amostra para levá-la ao MEV-FEG e - nas suas palavras - “*tirar [excluir] certas as dúvidas*”. O MEV-FEG seria para identificar na amostra a região que indicasse a presença de “algo” além do boro, mas para o resultado final de sua análise ele precisaria usar o MET 200 para identificar exatamente o componente presente. No momento da observação, ele estava a preparar ao mesmo tempo três amostras, sendo que cada uma delas estava em diferente processo/estágio, por isso a utilização dos variados aparelhos durante a manhã inteira.

Respondendo à pergunta feita, o sujeito pesquisador informou que se somasse o total de amostras que já havia preparado desde que entrou no doutorado (na ocasião fazia quatro anos), daria mais de 100 amostras. Ou seja, ele estava há quatro anos preparando amostras, sendo que como ‘usuário’ do LCME fazia dois anos. No tempo anterior, ou seja, quando ainda não existia o LCME, ele era ‘usuário’ dos equipamentos da indústria onde trabalhou (por nove anos), que o deixava usar os equipamentos.

Percebeu-se também que a relação de ensino e aprendizagem aparece na integração dos processos parciais que conformam as pesquisas - tanto no processo de preparação das amostras, como no processo de operação dos microscópios e aparelhos -, estando além de manuais, aulas ou cursos, seja de graduação ou de pós-graduação, de laboratórios locais e mesmo do LCME. É um conhecimento precedido de profundos elementos teóricos, exteriorizados, explicitados, sem dúvida, porém tácito e difícil de ser explicitado, já que o resultado final parece estar condicionado também pelo elemento prático da preparação de amostras e de operacionalidade dos microscópios e aparelhos, ou seja, pelo conhecimento acumulado por cada sujeito pesquisador e técnico como

fruto de suas vivências e experiências pessoais profissionais, mas essencialmente do intercâmbio de conhecimentos.⁶¹

Somente com o passar dos dias observou-se que o processo de produção do conhecimento ali efetuado, em toda a sua importância e grandiosidade, impõe uma dinâmica diferenciada ao ritmo da jornada de trabalho dos servidores técnicos que não é tão sugadora de mais valia absoluta quanto de mais valia relativa, ou seja, uma intensificação da jornada.

Nos 43 dias de observação as paradas individuais de almoço dos servidores técnicos, por exemplo, ocorriam comumente antes do meio-dia ou quase perto das duas horas da tarde, sendo frequentemente “rapidinhas”⁶², seja em função das atividades finalísticas (de preparação de amostra, sessão de microscopia etc.), sejam em função da realização de atividades meio. Outras vezes, o trabalho tinha sido tão intenso e junto com um intervalo de almoço não totalmente cumprido que era preciso sair um pouco antes das 18 horas, tamanho o cansaço e desgaste. Mas, mesmo assim, isso somente era raro, pois sempre havia muito e variadamente o que fazer dentro das salas dos microscópios, e/ou de preparação de amostras, e/ou dos servidores técnicos.

Por outro lado, foi possível constatar, após certo tempo de observação em campo, que um suposto controle que vise o aumento ou intensificação da jornada em termos de ‘uma maior produtividade’, terá efeito negativo sobre os próprios servidores técnicos, sua produtividade, sobre sua saúde e segurança. O mesmo efeito se dará sobre o processo de produção do conhecimento. É que o tempo geral de produção do conhecimento, sendo diferenciado, não industrial, e independentemente individualmente dos servidores técnicos do LCME, impõe seu ritmo ao tempo de trabalho deles, intrinsecamente já intenso devido aos intercâmbios frequentemente necessários imposto pelo processo de produção.

Em primeiro lugar, ficou evidente, durante a observação no LCME, que nada adianta a existência de supermicroscópios, de servidores técnicos, de se quantificar sessões de microscopia etc. sem uma “boa amostra”. Porque, para além da meticulosa preparação, o melhor alcance de ampliação e resolução dos equipamentos está condicionado, além de tudo, ao tipo do material da amostra e ao objetivo da pesquisa. Esses

⁶¹ Uma comparação simplória pode ser feita com as receitas culinárias (desde as mais simples às mais elaboradas, com seus ingredientes simples ou elaborados), quando existem as prescrições de como fazer, mas o resultado está condicionado à habilidade adquirida no tempo.

⁶² Dentro do LCME, por meio de refeições preparadas, ou, no Restaurante Universitário, ou, ainda, em algum restaurante das redondezas.

dois elementos vão variar de área para área, mas certamente contarão com os saberes de outras áreas, sejam estes materializados em outros equipamentos/aparelhos/instrumentos/insumos, sejam em outros sujeitos com conhecimentos acumulados envolvidas no processo.

Com relação à preparação de amostras, de total responsabilidade dos ‘usuários’, é feita por estes, mas já aconteceu, no início do funcionamento do LCME, de os servidores técnicos terem que fazer amostras do ‘usuário’. Esse feito requer a existência prévia de outros laboratórios pertencentes à UFSC, e/ou a outras instituições (privadas ou públicas, nacionais ou estrangeiras), onde é iniciada a preparação das mesmas. Ainda assim, quando os ‘usuários’ vão para o LCME com essas amostras, há alguma ‘participação’ dos servidores técnicos nessa preparação, em geral em função da operacionalidade de certos aparelhos preparadores mais sensíveis e custosos. Essa participação dos servidores técnicos na operacionalização de certos aparelhos do LCME – tal como dos microscópios – é fundamental para a produção do conhecimento, mas mesmo sendo importante elo dessa cadeia, não significa que eles podem figurar como coautores dos créditos resultantes das pesquisas empreendidas nesse laboratório. Claro que se os servidores técnicos integram diretamente alguma pesquisa, então, sim, seus nomes figurarão como coautores.

Em segundo lugar, a operação dos equipamentos é totalmente feita pelos servidores técnicos e exceções se dão quando um professor-pesquisador ou pós-graduando de qualquer Universidade possui maior domínio sobre os equipamentos do que os servidores técnicos, quando, então, estes servidores técnicos acabam aprendendo tacitamente alguma coisa nova sobre os equipamentos.⁶³ Assim, pode-se afirmar que existe uma ‘participação’ dos servidores técnicos nos resultados dessas pesquisas, já que sem eles seria impossível a viabilização de tantos estudos. Contudo, é uma participação entre aspas, porque não é de sua competência contribuir para a elaboração/análise teórica de um trabalho que lá é feito, e, evidentemente, por essa razão, não constitui seu direito colocarem seus nomes em artigos científico publicáveis.

Eventualmente, na prática, até mesmo já aconteceu de contribuírem para a elaboração/análise de alguma pesquisa, à exemplo de quando os ‘usuários’ parecem saber menos a respeito de seu objeto do que os próprios servidores técnicos, ou, então, quando estes acabam por ter que

⁶³ Cabe enfatizar que, no ano de 2013, isto é, três anos após a realização da pesquisa de campo, o LCME já contava com a presença de estagiários de graduação, os quais estavam sendo treinados para operar os equipamentos.

pesquisar na *internet* literatura a respeito do objeto, devido às informações insuficientes repassadas pelos usuários sobre a amostra ou a algum aspecto da pesquisa.

Contudo, mesmo assim, em hipótese alguma seus nomes figurarão nos artigos publicáveis empreendidos pelos ‘usuários’, pois trata-se de uma separação formal entre o ‘usuário’ que ‘pensa’ e o técnico que ‘faz’, apesar de que a separação absoluta entre esses dois elementos mostrou-se difícil de ser verificada. O ‘quem pensa’ e o ‘quem faz’ não aparece nitidamente na produção de base científica laboratorial à moda dos conceitos trabalho intelectual e trabalho manual. Tanto servidores técnicos como ‘usuários’ pensam e fazem as amostras, mas também teorias na medida em que as análises, os resultados obtidos conduzem a novos conhecimentos, novas descobertas.

Isso, porque, o trabalho intelectual não é “puramente intelectual”, no sentido de teórico, e nem baseado em qualidades individuais intrínsecas, como se fossem dons/aptidões, ou numa *expertise*. E, porque, o trabalho manual não é “puramente um trabalho artesanal”, no sentido de manual, e nem uma qualidade intrínseca individual, de alguém que sozinho e isoladamente pensa e faz no processo criativo. O trabalho intelectual e o trabalho manual, como uma necessidade do processo produtivo laboratorial, caminham juntos. O próprio ‘usuário’ pensa e faz a pesquisa, mas o técnico também. O primeiro, porque precisa estudar sobre o que quer fazer, saber qual o resultado buscar e fazer as amostras. O segundo, porque, na medida em que procederá a operação dos microscópios, precisa se inteirar das questões do primeiro, saber se a forma como se propõe a preparação da amostra é adequada, se precisará auxiliar na preparação da amostra.

Pode-se afirmar que as pesquisas no LCME empreendidas, que o conhecimento lá produzido, é de caráter teórico-empírico e que os servidores técnicos do LCME têm uma participação importante nessa cadeia, mas que isso não é suficiente para figurarem como coautores das pesquisas. Donde os conflitos, as contradições se explicitarem entre processo produtivo e processo de trabalho.

Sobre a segunda abordagem para as nanotecnologias, **[b] abordagem de baixo pra cima (*bottom-up*), que se relaciona à construção de dispositivos que se formam espontaneamente, a partir de componentes moleculares**, existem três métodos utilizados, no entanto, somente um deles (o b.3, a seguir) é possível de ser operacionalizado no LCME.

[b] A abordagem *Bottom-up* inicia o desenvolvimento a partir de estruturas nanométricas, como átomos e moléculas, e através de um processo de montagem ou auto-montagem são criados mecanismos maiores. Aplica-se à criação de estruturas orgânicas, inorgânicas e, mesmo híbridas, átomo por átomo, molécula por molécula. Grande parte do arcabouço desta abordagem vem do terreno da química e biologia, de onde emergem diferentes estratégias para tratar a complexidade, controlar a auto-organização e os efeitos supramoleculares.

A abordagem *Bottom-up*, consiste em tentar construir o material a partir dos seus componentes básicos. São três os métodos utilizados neste processo [.]

[b.1] A organização determinada ou montagem posicional (*positional assembly*).⁶⁴

[b.2] Outra forma de produção na abordagem de baixo para cima é a auto-organização (*self assembly*).⁶⁵

[b.3] O último método deste tipo de abordagem é a síntese química (*chemical synthesis*), de uma forma geral utilizada para produzir matérias primas, nas quais são utilizadas moléculas ou partículas nano. Aqui recorre-se à síntese e manipulação química, baseando-se este tipo de processos

⁶⁴ Esse método “[...] manipula deliberadamente átomos um por um, sob determinada ordem, da mesma forma que uma criança monta uma estrutura ao “ligar” consecutivamente as peças de um lego. Os mecanismos de encaixe de átomos e moléculas não são, como é evidente, tão triviais como o encaixe de um lego. Além de nem todos os átomos se ligarem entre si, não o fazem de uma só forma (lembramo-nos da química, ligação iónica, covalente, etc.). Num processo químico, verifica-se interacção não só das “peças” que se ligam, mas também das suas vizinhas, contribuindo todas para a harmonia final da estabilidade da ligação química (a interacção electromagnética faz-se sentir à distância). Num espaço circunscrito da ordem do nanómetro, participam tipicamente entre 5 a 15 “peças” para o resultado final. Aqui são utilizadas técnicas como a microscopia por varrimento de sonda para trabalhos em superfícies, ou pinças ópticas em espaço livre.” (MALTEZ, s.d).

⁶⁵ “Nesta técnica, átomos ou moléculas organizam-se de forma autónoma através de interacções físicas ou químicas, resultando em nano estruturas ordenadas. Quando por exemplo, os átomos de germânio são evaporados sobre uma superfície de silício, ao invés de formarem uma camada regular na superfície do último, organizam-se na forma de uma pirâmide devido à diferença da distância entre os átomos nos cristais dos dois materiais. Na natureza isto ocorre há milhares de anos, temos o exemplo dos cristais de sal ou dos flocos de neve. Do ponto de vista industrial existe uma técnica com particular interesse, a auto organização dirigida, que envolve o uso de uma força externa que pode ser por exemplo um campo magnético ou eléctrico, por forma a acelerar a auto organização que normalmente é um processo lento”. (MALTEZ, s.d).

na mudança de fase de uma dada substância (denominada precursor), seguida de uma reação química que possibilita a formação de nanopartículas ou nanomateriais. A investigação é uma componente revelante neste processo, tentando descobrir métodos de síntese química que possibilitem o controle rigoroso do tamanho, forma e natureza da superfície de nanopartículas de composição química diversa. Estes novos materiais nanoestruturados ainda só existem à escala de síntese laboratorial. MALTEZ, s.d).

A síntese química implica que os materiais sejam trabalhados quimicamente para, então, serem observados nos microscópios eletrônicos. Esse tipo de técnica envolve, por exemplo, a produção de nanopartículas e o encapsulamento de fármacos. Contudo, apenas a parte da observação/análise final é feito no LCME, utilizando-se seus equipamentos, sendo os demais processos realizados nos laboratórios de origem dos pesquisadores. Por essa razão que tecnicamente o LCME é um laboratório de microscopia eletrônica de alta resolução, que utiliza escalas muito pequenas nanométricas, dentre outras, sendo que apenas uma pequena parte está relacionada com a produção nanotecnológica, ou seja, com a decomposição e recombinação de estruturas nanométricas.

Para exemplificar, a pesquisa de Lorca (2009), que utilizou um dos equipamentos do LCME, o MET 100, versou sobre a aplicabilidade de nanocápsulas para fins biomédicos, em função do uso de materiais biodegradáveis e biocompatíveis, em especial do óleo de androba. Iguamente ao processo anterior, “de cima pra baixo”, necessitou que muito estudo teórico e treinamento empírico tivesse sido empreendido pelo usuário. Trata-se de um acúmulo de conhecimentos que vem desde a graduação e passa pela pós-graduação, em geral ativamente dentro de um laboratório. Minimamente, esse conhecimento vai depender do repasse ou processo de ensino-aprendizagem propagado por professor-pesquisador, bolsistas ou integrantes do grupo de pesquisa. E essa aprendizagem empírica não é fácil e automaticamente repassada “*de pessoa pra pessoa*”, necessitando ser aperfeiçoada pela experiência⁶⁶.

Na pesquisa de Lorca (2009) foram empregados diversos equipamentos, materiais e reagentes, diferentes procedimentos para conduzir

⁶⁶ Imagina-se que, dentre outras, é por essa razão que é comum encontrar, no meio científico, situações de “desespero” em certos líderes de grupos quando ‘seus pós-graduandos’, “responsáveis por laboratórios” (dotados de todo um conhecimento teórico e empírico) “vão embora”.

as reações de preparo da miniemulsão e de polimerização, bem como distintas técnicas de caracterização do produto final, aspectos detalhadamente descritos pela autora.

Em especial, para o MET 100, foram preparadas amostras, adotando os seguintes procedimentos:

Em uma grade, foi colocada uma gota de látex diluído em água destilada (1 ml de látex para 10 ml de água destilada); Posteriormente, as amostras ficaram secando por 5 minutos; As grades contendo as amostras fora recobertas com fina camada de carbono via “*sputter coating*” para aumentar a estabilidade do PMMA sob o feixe de elétrons; Em seguida, as amostras foram analisadas no microscópio eletrônico de transmissão (LORCA, 2009, p. 10).

Ao final, os dados apresentados mostraram que é possível a obtenção de nanocápsulas de óleo de andiroba, através de reações de polimerização e miniemulsão. Isso abre oportunidades para o controle da morfologia das nanocápsulas por meio da manipulação das condições de polimerização (LORCA, 2009).

Olhando-se dessa forma sintética, principalmente focando-se no resultado da pesquisa, o processo por inteiro pode parecer simples e rápido, contudo, é justamente o contrário. Os aparelhos e equipamentos são importantes, mas igualmente ou mais a pessoa que está a empreender a pesquisa, a partir de seus longos anos de aprendizagem e intenso estudo, enfim, por meio de uma ampla rede de relações de aprendizagem que ultrapassa em muito a sala de aula e apostilas ou manuais.

O processo desse tipo de pesquisa é tão complexo e específico quanto aos aspectos técnicos que não há como ser compreendido facilmente por quem não é desse campo de conhecimento. Talvez devido a isso, para além de uma abordagem mistificadora ou positivista, as dezenas de reportagens envolvendo nanotecnologias e seus processos de fabricação limitem-se a observar suas consequências. A exceção talvez sejam as reportagens que tratam das consequências à saúde, sendo necessário adentrar num conteúdo e terminologia técnicos.

Qual a origem dessas abordagens, *top-down* e *bottom-up*? Historicamente, conforme Campana (2006), essas técnicas se desenvolveram diante da necessidade da decomposição histórica:

a) do conhecimento das forças motrizes e,

b) das formas de transmissão - formas já independentes, inteiramente livres dos limites da força humana -, as quais agora conjuntamente transmitem movimento à:

c) máquina ferramenta de precisão eletrônica que se apodera do objeto do ponto de vista da escala nanométrica, permitindo que sejam conhecidas suas propriedades de acordo com o fim desejado.

E é desse último elemento da produção nanocientífica (literal “c” acima), ou seja, da máquina ferramenta que age sobre o objeto em escala nanométrica, de onde parte a essência da revolução científica iniciada em fins do século XIX. Porque essa máquina ferramenta é o ponto de partida sempre que se trata de transformar (*aufhebung*) o processo por inteiro - que em si mesmo já é examinado objetivamente - e suas fases componentes, levando a cabo cada um dos processos parciais e os entrelaçando por meio do *general intellect*, da ciência, o produto do desenvolvimento histórico geral em sua quinta-essência abstrata.

2.2 Distinções básicas entre a microscopia eletrônica e a óptica

A limitação básica de um microscópio óptico (que possui uma máquina ferramenta de precisão óptica) em relação a um microscópio eletrônico (que possui uma máquina ferramenta de precisão eletrônica) não é uma questão de aumento, mas de poder resolvente. Trata-se da capacidade de distinguir, distinta e separadamente, dois pontos adjacentes (os detalhes). Por sua vez, o poder resolvente de um microscópio é sempre uma função do “comprimento de onda de luz utilizada” e da “abertura de lentes” (uma característica do sistema de lentes) (GALLETI, 2003).

Cabe enfatizar que o poder de resolução e a ampliação são diferentes. Significa que ao se usar o melhor microscópio óptico (que possui aproximadamente um poder de resolução de 200 nanômetros, e, portanto, aumenta a resolução do olho nu em 500 vezes) para se tirar uma fotografia de duas linhas que distam menos de 200 nanômetros, essas linhas terão pouca definição. Ou seja, a utilização de lentes mais potentes permite que se obtenha um maior aumento, o que não implica em uma melhor resolução (CASTRO, 2002).

E, teoricamente, é impossível a construção de um microscópio óptico capaz de melhor resolução, porque o fator limitante é o comprimento de onda da luz, que varia de 0,4 micrômetro para a luz violeta até 0,7 micrômetro para a luz vermelha (CASTRO, 2002).

Já o poder resolvente de um microscópio eletrônico, tal como o MEV, é de 10 nanômetros. Isso, porque um microscópio eletrônico usa elétrons que se dispersam ou são emitidos a partir da superfície da amostra. Um feixe de elétrons é localizado dentro de uma pequena sonda que passa rapidamente para frente e para trás sobre a amostra. Esse rastreamento completo de cima abaixo geralmente leva apenas alguns segundos. Repetindo este processo centenas de vezes, em ângulos diferentes, um programa de computador consegue construir uma imagem tridimensional da amostra com uma resolução muito alta (CASTRO, 2002, INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2010).

A imagem é gerada pelas diferenças na superfície da amostra, que afetam o padrão com o qual os elétrons são dispersos a partir deste. Buracos ou fissuras aparecem escuros, as protuberâncias e saliências aparecem claras, resultando em uma imagem tridimensional. Uma câmera digital capta os elétrons que atravessam para criar uma projeção bidimensional da amostra (CASTRO, 2002, INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2010).

Atualmente esses aspectos são óbvios, integrados totalmente à compreensão humana, ao estarem materializados no equipamento. Porém, essa tarefa de visualizar as amostras tão profundamente, não foi em termos históricos facilmente descoberta, como se fosse o resultado de uma sequência ‘positiva e intencional’ de acontecimentos/fatos por parte dos homens individualmente postos.

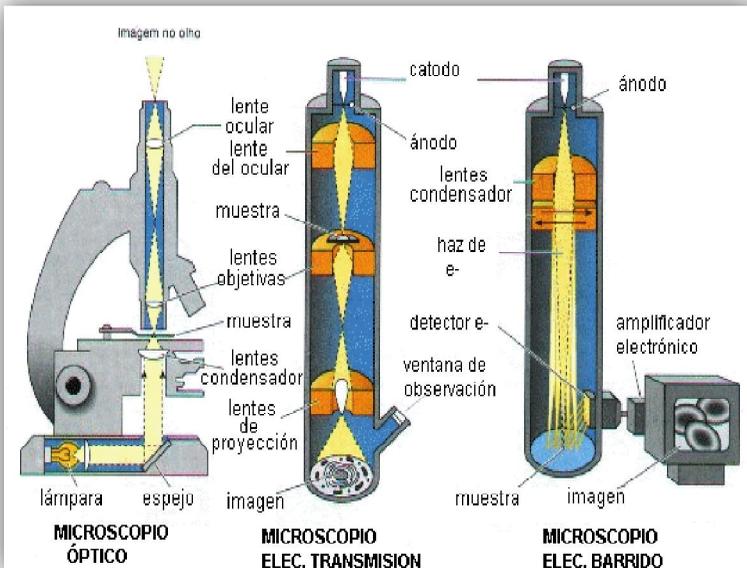
É importante levar em consideração que esses microscópios eletrônicos como tecnologias permitem distinguir quatro dimensões humanas à moda do que afirmou Cupani (2011, p. 16): “como objetos, como um modo de conhecimento, como uma forma específica de atividade e como volição (isto é, como determinada atitude humana perante a realidade)”.

Como objetos, a função desses microscópios depende de uma materialidade específica socialmente posta, e nesse sentido a descrição física de sua estrutura (que diz o motivo do por que ele opera desse modo) não fornece a explicação de qual seja a sua função, porque é o projeto que encerra a explicação tecnológica, mostrando de que modo, em termos de sua estrutura física, os microscópios desempenham suas funções. Como um tipo de conhecimento, esses microscópios demandam formas específicas de conhecer o mundo material que já trazem incorporados como conhecimentos vários saberes que pertenciam ao elemento vivo do trabalho. Finalmente, como volição, os microscópios manifestam determinadas atitudes ou propósitos individuais ou subjetivos do homem em sua realidade: expressam a maneira única como a motivação

da pessoa se conecta com a produção, o uso e o conhecimento dos artefatos (CUPANI, 2011).

O Desenho 2, a seguir, evidencia algumas informações complementares, quais sejam, as diferenças entre os microscópios óptico, microscópio eletrônico de transmissão e o microscópio eletrônico de varredura.

Desenho 2 - Esquema do microscópio óptico, microscópio eletrônico de transmissão e microscópio eletrônico de varredura



Fonte: Galleti (s.d).

Fica claro que no microscópio óptico a amostra é vista e analisada por cima. Ou seja, se encontra abaixo do nível ou altura do observador sentado e, ainda, é vista diretamente pelo olho, ou seja, é ocular.

Já num microscópio eletrônico, seja o de transmissão, seja o de varredura, a amostra não é ocular e se encontra: acima do nível ou da altura do observador sentado. Porém, no caso do MEV, o que é visto e analisado não é a amostra propriamente dita, mas uma *imagem*, a qual aparece em um monitor de computador. Esse elemento, no entanto, é uma decorrência derivada do fato principal de a luz ou fonte de emissão

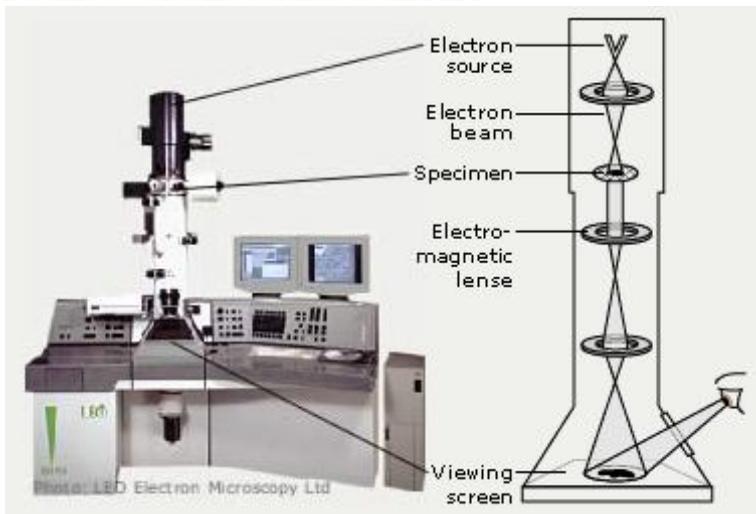
do comprimento de onda da microscopia eletrônica, localizada na parte superior, ser um feixe de elétrons que se propaga no vácuo, ao invés de ser uma lâmpada (caso da microscopia óptica) – o que efetivamente é a diferença básica entre os dois tipos de microscópios. E o comprimento de onda diz respeito à natureza da luz, que limita a quantidade de detalhes que podem ser vistos num microscópio.

É preciso saber operar esses microscópios, o que representa a forma uma atividade específica, mas também que é a representação do propósito do homem com relação a sua realidade.

Na dimensão expressa por um nanômetro (1 nm) - ou seja, a parte bilionésima de um milímetro - a luz visível, em sua faixa de comprimento de onda característica, de 400 a 760 nm, já não pode ser usada para enxergar os objetos, porque as leis da Física limitam a resolução óptica à metade do comprimento de onda utilizado. Assim, literalmente, trata-se de um mundo invisível (TOMA, 2005).

Por isso que também não são utilizados elementos ópticos, tal como lentes de cristal/vidro, como no caso de um microscópio convencional, mas 'lentes' (na verdade, bobinas) que são um especial sistema de abertura numérica - seja para um MET (Desenho 3), seja para um MEV (Desenho 4, a seguir).

Desenho 3 – Sistema de lentes de um MET

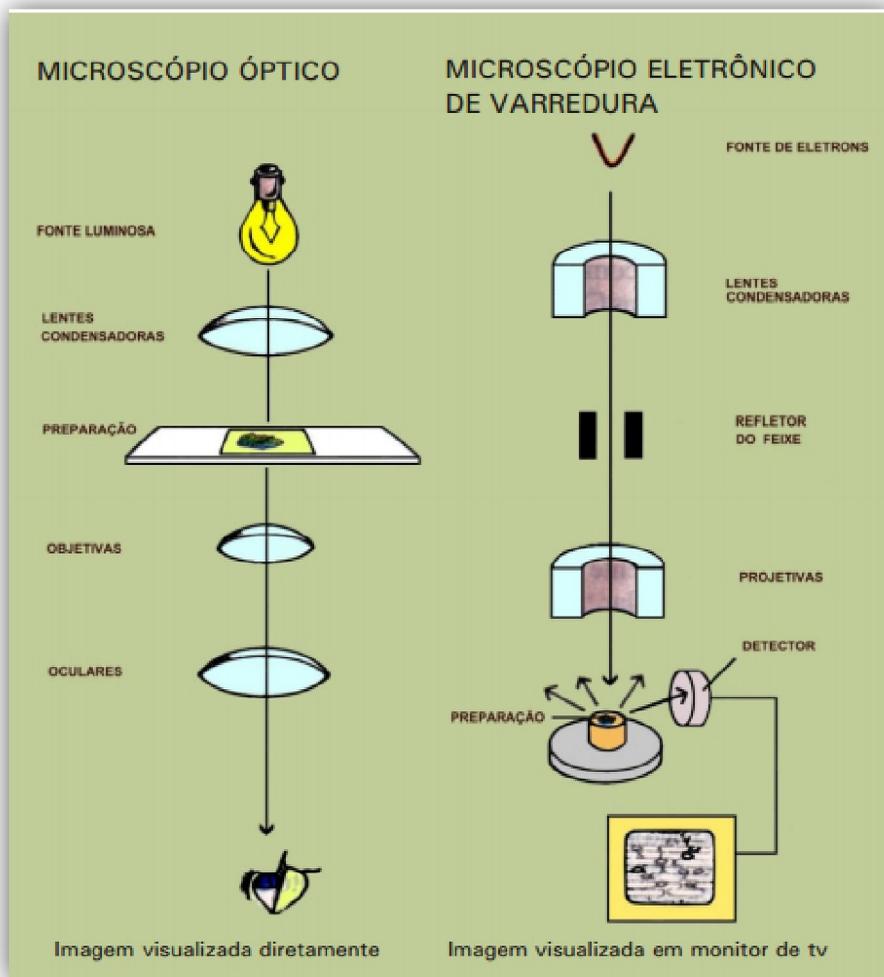


Fonte: <

<http://www.nobelprize.org/educational/physics/microscopes/tem/index.html> >.

Acesso em 18 mai. 2013.

Desenho 4 - Esquema do microscópio óptico e microscópio eletrônico de varredura



Fonte: Castro (2002, p. 11).

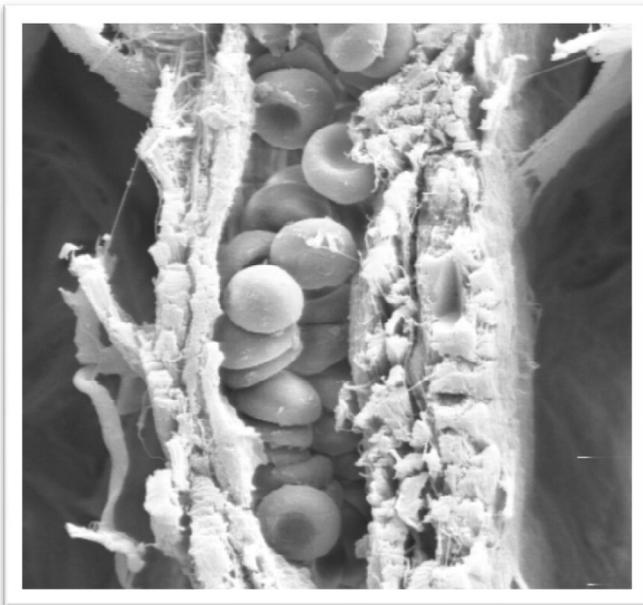
Na prática, essa abertura numérica é considerada como sendo a quantidade de luz que efetivamente penetra na objetiva, o que amplia a imagem gerada pela passagem do feixe de elétrons no material, projetando-a sobre um monitor onde é formada a imagem, sendo possível visualizar imagens como as das Fotos 12 e 13 a seguir.

Foto 12 – Um tipo de imagem projetada em monitor do MET 100 - do LCME - que é observada pelo usuário



Fonte: Reis (2010).

Foto 13 - Micrografia eletrônica de eritrócitos (glóbulos vermelhos) no interior de um tecido animal (25.000 X) - MEV



Fonte: Castro (2002, p. 22).

Em síntese, os princípios da microscopia eletrônica são, de acordo com Homrich *et al* (s.d):

- o poder resolvente ou de resolução (de detalhes), o que é uma função do
- comprimento de onda (a luz utilizada) e da
- abertura numérica das lentes (se relaciona à quantidade de luz que penetra na objetiva);
- as propriedades ondulatórias dos elétrons (o que aumenta o poder resolvente);
- o canhão eletrônico (fonte de iluminação que consiste em um pequeno fragmento de filamento de tungstênio, de cerca de 100 nm de diâmetro, em forma de V, onde é aplicada uma alta voltagem, fazendo com que uma corrente flua através dele, incandesça-o, emitindo o feixe de elétrons);
- lentes especiais (consistem basicamente de uma bobina, formada por milhares de voltas de fio através da qual passa uma corrente e focalizam os feixes eletrônicos).

Portanto, a distinção em geral entre os dois tipos de microscópios, óptico e eletrônico, aparece em relação: ao comprimento de onda (“iluminação”, via emissão de luz ou feixe de elétrons) e ao sistema de lentes (se de vidro ou bobinas). Disso, por fim, resulta a ampliação e poder de resolução muito maior na microscopia eletrônica em relação à óptica.

Secundariamente, há a distinção em relação ao modo de observação (se a observação ocorre diretamente sobre a amostra, estando-se acima do nível onde ela é colocada - por cima dela, ou se, diretamente sobre uma imagem da amostra, estando-se abaixo do nível/altura ou no mesmo nível/altura onde ela é colocada), mas isso é tão somente uma decorrência superficial dos complexos princípios da microscopia eletrônica.

No decorrer desse capítulo, de acordo com o objetivo inicialmente anunciado, observou-se que as ciências envolvidas na produção de base científica laboratorial remetem à existência de uma interdisciplinaridade entre as diferentes áreas, tais como a biologia, a química, as engenharias, a física dentre outras, o que transcende os limites da UFSC.

A universalidade desse processo de produção demonstra que a forma com que esse conhecimento é produzido não impõe barreiras geográficas. Entretanto, no limite, trata-se de um ponto de partida que é o ser que está sendo superado: o novo no velho, posto o existente ser conservador.

A respeito das técnicas envolvidas, elas não se relacionam à manipulação/operacionalização dos equipamentos/aparelhos (embora requeiram cuidados), mas são predominantemente relacionadas ao objeto, isto é, à preparação de amostras a partir dos elementos mais simples possíveis, presentes na natureza (produto do trabalho humano), e possíveis de serem geradas suas imagens e composições pelos microscópios.

Além disso, chama atenção o processo quase “artesanal” e, por isso, o destaque forte do trabalho presente no processo de produção. Viu-se, dessa maneira, que, para além da aparência inicial (e/ou opressora) estruturante (correspondente ao elemento morto do humano), o humano vivo se faz presente e essencial ao processo, o qual se revelou fundamentado sobre o objeto, quer dizer, não sobre ‘o trabalho’, tal como historicamente na manufatura capitalista, e nem sobre os instrumentos, como historicamente na grande indústria moderna.

Ao buscar-se evidenciar o traço distintivo de um microscópio eletrônico em comparação ao seu antecessor histórico, o microscópio óptico, viu-se que as técnicas envolvidas no processo de produção não se relacionam aos microscópios, por exemplo, ao fato de se saber melhor operá-los, aplicando-se “técnicas” relacionadas à manipulação dos equipamentos, mas ao objeto. Assim sendo, dada a decomposição e recomposição do objeto (sua complexa preparação e análise, num processo conjunto - isto é, não desvencilhados - que - assim pode ser dito - é empreendido durante todo o tempo), o ‘científico’ é o desvelar das conexões, relações e mediações entre os elementos componentes do objeto.

CAPÍTULO 3 – UM OLHO NO MICROSCÓPIO: PECULIARIDADES DOS MICROSCÓPIOS ELETRÔNICOS DO LCME E PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS

Ratificando o resultado do capítulo anterior, que relevou a importância do objeto, o objetivo deste capítulo é desvelar as peculiaridades distintivas desses equipamentos, seu lugar diante da relevância do objeto revelada no capítulo anterior.

Matteddi, Martins e Premebida (2011) afirmam que o laboratório é o ambiente central de produção deste tipo de conhecimento. Neste sentido:

É uma entidade institucional orientada por forças contingentes e transnacionais, com fronteiras extremamente fluidas e auto-ajuntadas, na medida em que interage com uma grande variedade de entidades. Ou seja, o laboratório é produto cultural e produtor de cultura, graças ao seu poder de intervenção no mundo natural e social (MATTEDDI, MARTINS, PREMEBIDA, 2011, p. 21).

São necessários muitos requisitos iniciais e básicos para o desenvolvimento da nanociência. Os equipamentos e a estrutura geral são caros, raros e complexos, mas evidencia-se uma interdisciplinaridade, ao mesmo tempo que uma utilização restrita e controlada.

Para Alves (2004), do ponto de vista laboratorial:

além das facilidades normais de um laboratório de pesquisa de materiais (fornos, capelas de alta sucção, sistemas de vácuo, vidraria especial, câmaras secas etc), uma facilidade importante é a “sala limpa” (ALVES, 2004, p. 31).

Mas há também o ponto de vista dos microscópios e equipamentos: além dos instrumentos convencionais (que seriam, por exemplo, os de preparação de amostras), o quadro completa-se com os indispensáveis microscópios eletrônicos de alta resolução (transmissão, varredura por efeito campo e varredura convencional) e as espectroscopias/microscopias ópticas confocais, que utilizam métodos fluorescentes e de ótica não-linear. Para Alves (2004, p. 31), ainda, vale mencionar o importante papel dos poderosos “computadores que hoje não só permi-

tem a modelagem e o design de novos materiais, como também a simulação de suas propriedades”.

É evidente que existem peculiaridades entre os próprios microscópios eletrônicos, tais como os existentes no LCME (Quadro 3, a seguir).

Essas mudanças trouxeram grandes modificações técnicas ao sistema construído para ser impulsionado somente pelos princípios científicos clássicos. Hoje, todas as máquinas que têm de se impor como observadoras e transformadoras da matéria são construídas considerando-se não somente os conhecimentos clássicos, mas, fundamentalmente, os conhecimentos quânticos e eletrônicos sempre que sua própria natureza e finalidade não impeçam que sejam utilizadas em tamanho pequeno. Onde receberem uma denominação distinta, de microscópios eletrônicos, ou mesmo como aqui está sendo chamado, de equipamentos ao invés de ‘máquinas’. É dessa maneira que a partir de então se transmuta a grande indústria - e seu processo de trabalho, à luz do estudo de Invernizzi (2000) -, na medida em que passa a ser determinada por uma forma de produção base científica laboratorial.

Vídeo 2 – O MET 100 colocado em ação <
<http://youtu.be/C4z3IHMnJWk>>

Assim, a revolução científica guiada pelos conhecimentos quânticos tem como ponto de partida um sistema de máquina diminuto e específico - um equipamento de microscopia eletrônica - que opera com vários outros tipos de máquinas adjacentes (com conjuntos de componentes) e é acionado por variados tipos de força motriz, sendo que essa junção é capaz de atuar sobre o objeto microscopicamente.

Quadro 3 - Comparativo da microscopia óptica e eletrônica com base nos equipamentos do LCME

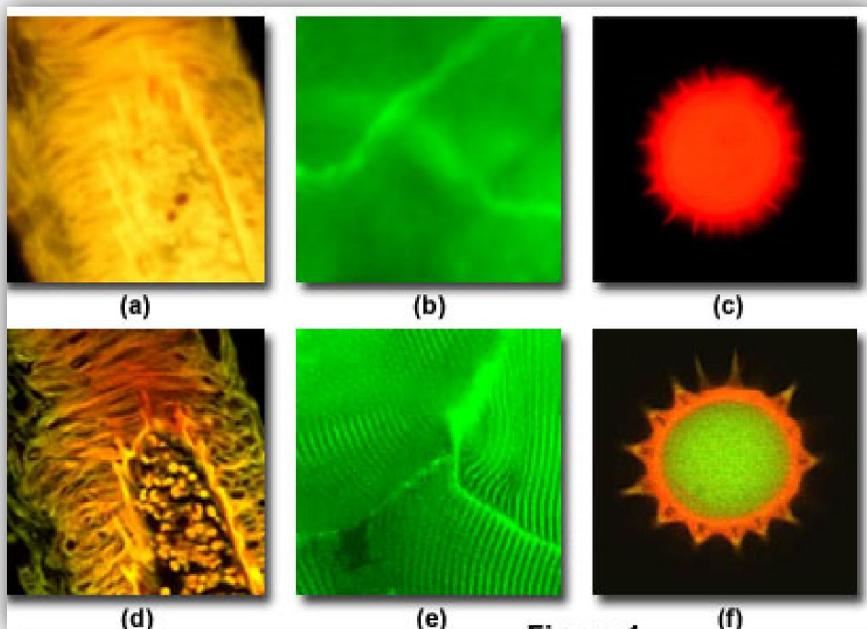
Características	M. Óptico	M. Eletrônica de Varredura convencional (MEV)	M. Eletrônica de Transmissão (MET)
Fonte da radiação	Filamento de halogênio	Filamento de tungstênio (para o MEV convencional) Monocrystal de tungstênio (para o MEV-FEV)	Filamento de hexaboreto de lantânio (MET 200 e 100)
Tipo de radiação	Luz (fótons)	Feixe de elétrons	Feixe de elétrons
Meio de propagação	Atmosfera	Vácuo < 10^{-4} Pa	Vácuo < 10^{-4} Pa
Lentes	Vidro ou quartzo	Eletromagnéticas	Eletromagnéticas
Ampliação (dados práticos)	1.000 vezes	100.000 vezes (para o convencional) 600.000 vezes (para o MEV-FEG)	Até 1.200.000 vezes (para o MET 200) Até 600.000 (para o MET 100)
Modo de ampliação	Substituição das lentes	Alteração da largura do feixe (variável)	Alteração da corrente das Lentes de Ampliação
Poder de resolução	Aprox. 80 nm	Aprox. 5 nm	Aprox. 0,14 nm
Profundidade de foco	Reduzida	Muito elevada	Elevada
Contraste	Absorção/Reflexão	Elétrons secundários	Dispersão/difração
Observação	Direta da imagem luminosa	Conversão de elétrons em fótons e análise em monitor de televisão	Conversão de elétrons em fótons por um Alvo Fluorescente
Imagem	Geralmente colorida	Preto e branco	Preto e Branco
Espessura do material	> 0,5 μm	Variável	< 100 a 70 nm
Material a observar	Vivo e não vivo	Não vivo	Não vivo
Preparação do material	Fácil	Relativamente fácil	Difícil

Fonte: Adaptado de Dias e Moreira (s.d, p. 23), conforme informações da professora Zenilda Bouzon e servidores técnicos do LCME-UFSC, com base em resultados práticos.

O Quadro 3 anterior não traz o Microscópio Confocal, porque este não é um microscópio eletrônico, mas de luz fluorescente, que funciona com raios laser que visualizam um único plano de cada vez (em cortes da superfície), de modo a não haver sobreposição de imagens (MARCHI, CASTRO, 2005), e está associada ao emprego de compostos químicos denominados fluoróforos, de modo a (METZ, s.d).

Contudo, este microscópio representa um dos mais importantes avanços da microscopia de luz já desenvolvida, trazendo grandes avanços na pesquisa de organismos vivos principalmente, porque é uma técnica capaz de visualizar em profundidade células e tecidos fixados (METZ, s.d), fornecendo imagens em terceira dimensão (Foto 14).

Foto 14 - Diferença das imagens no microscópio de fluorescência comum (imagens a, b, c) e microscópio de fluorescência confocal (imagens d, e, f).



Fonte: Marchi e Castro (2005).⁶⁷

⁶⁷ Na imagem à esquerda, vê-se uma amostra do tecido da medula humana; ao centro, uma amostra da fibra muscular de ratos e, à direita, uma amostra de um grão de pólen.

Conforme Metz (s.d):

Essa combinação de princípios da óptica e da físico-química tornou finalmente possível “olhar de perto” variados tipos de células vivas e medir fenômenos biológicos em tempo e espaços reais. Com a nova técnica ampliou-se rapidamente, em áreas diferentes da biologia, como biofísica, bioquímica, biologia celular, microbiologia, fisiologia, farmacologia e outras, o conhecimento de elementos e organismos fundamentais (METZ, s.d, p. 1).

Essas imagens geradas pelo Confocal são formadas exclusivamente pelas estruturas que estão no plano de varredura, sem que os componentes celulares situados em outros planos contribuam para a formação da imagem (METZ, s.d). A iluminação se dá somente em pequenos pontos iluminados pelo laser e acima da objetiva existe um orifício chamado pinhole ou íris que elimina a luz proveniente de objetos que estejam fora do plano focal (MARCHI, CASTRO, 2005), por isso que ao redor da amostra observada existe um “fundo preto”.

Geralmente, as células são submetidas a um composto fluorescente e a luz emitida é processada num computador, que envia sinais para a formação da imagem na tela de um monitor de vídeo. As imagens dos “cortes ópticos” assim obtidas podem ser armazenadas em computador e utilizadas para construir uma imagem tridimensional, ou para cálculos de comprimento, área, volume e outras análises de acordo com a finalidade do estudo (DIAS, MOREIRA, s.d, p. 43).

Outras imagens produzidas pelo Confocal podem ser vistas no Anexo 2.

Voltando-se ao Quadro 3, anterior, vê-se que o aumento conseguido pelo Microscópio eletrônico de varredura convencional (MEV) fica entre aquilo que consegue o Microscópio óptico e o Microscópio eletrônico de transmissão (MET), **a depender do tipo de amostra observada**. No entanto, há que se considerar o Microscópio eletrônico de varredura por efeito Campo (MEV-FEG), que consegue ampliações muito maiores do que o MEV.

Ao mesmo tempo também há o tipo de imagem obtida, que é uma variável muito grande, pois com o MEV e o MEV-FEG obtém-se uma visão tridimensional, uma varredura da amostra, fornecendo uma idéia de superfície, relevo. Já com o MET, tem-se uma visão bidimensional, uma idéia da parte interna da amostra.

Contudo, a grande vantagem do MEV e do MEV-FEG, em comparação com o MET, está na facilidade de preparação das amostras (DIAS, MOREIRA, s.d, p. 50).

De fato, no geral, é difícil comparar a observação de coisas iguais, sendo vistas de formas diferentes.

3.1 Máquina ferramenta de precisão eletrônica: a fonte de radiação

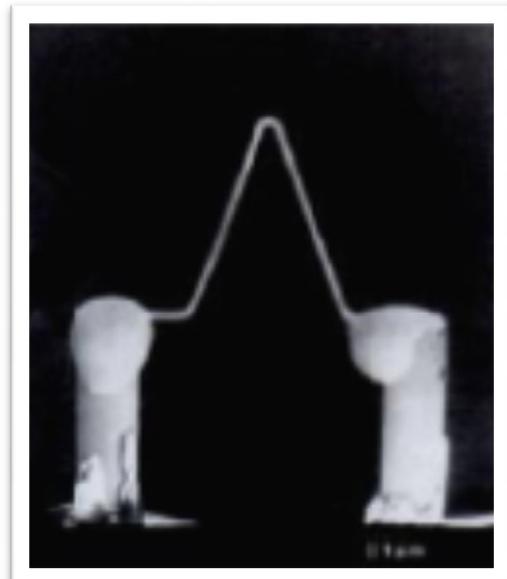
“Toda maquinaria desenvolvida consiste de três partes essencialmente distintas: o motor, a transmissão e a máquina-ferramenta ou máquina de trabalho” (MARX, 1996, p. 425).

O sistema manufatureiro (século XVIII), fundado sobre o aperfeiçoamento do trabalho, e o sistema de máquina da grande indústria moderna (século XIX), baseado no aperfeiçoamento dos instrumentos de trabalho, constituem historicamente o ponto de partida para o entendimento da forma de produção científica laboratorial como uma produção fundada no objeto sobre o qual se trabalha (CAMPANA, 2006).

E a máquina ferramenta de precisão eletrônica é o elemento que permite distinguir a forma de produção científica laboratorial como uma produção fundada sobre o objeto sobre o qual se trabalha. Trata-se da fonte de radiação (ver Quadro 3, anterior): o filamento de tungstênio de um MEV (Foto 15), ou o monocristal de tungstênio de um MEV-FEG (Foto 16), ou, ainda, o hexaboreto de lantânio de um MET, dependendo do tipo do equipamento.

O filamento de tungstênio vem sendo a fonte mais utilizada nos últimos 50 anos na maioria dos microscópios eletrônicos devido ao baixo custo e ao bom desempenho (Foto 15, a seguir).

Foto 15 – Micrografia eletrônica de filamento de tungstênio de MEV



Fonte: Disponíveis em < <http://pt.scribd.com/doc/88798642/Lista-de-MEV-e-MET> >. 11 de abril de 2012. Acesso em 2 abr. 2013.

Em aplicações cujo brilho da fonte não seja necessário ou se deseje um feixe bastante estável, como é o caso da microanálise, o uso desse filamento é a melhor opção. A durabilidade de um filamento de tungstênio, quando sob razoável vácuo, é de 30 a 100 horas.⁶⁸

Já a fonte do MEV-FEG apresenta maior brilho e não evapora. Trata-se de um monocristal de tungstênio na forma de um fio com uma ponta extremamente fina (Foto 15, a seguir).

⁶⁸ Informações disponíveis em < <http://pt.scribd.com/doc/88798642/Lista-de-MEV-e-MET> >. 11 de abril de 2012. Acesso em 2 abr. 2013.

Foto 16 – Micrografia eletrônica da ponta de um MEV-FEG



Fonte: Disponíveis em < <http://pt.scribd.com/doc/88798642/Lista-de-MEV-e-MET> >. 11 de abril de 2012. Acesso em 2 abr. 2013.

Como a ponta do filamento é muito fina, cerca de 100 nm ou menos, o campo elétrico fica extremamente alto. Como resultado tem-se uma grande emissão de elétrons e, dessa forma, uma elevada densidade de corrente. No entanto, é preciso elevado vácuo para que funcione.

O MEV-FEG produz excelentes imagens, como resultado da maior corrente e do menor tamanho do feixe eletrônico, entretanto, devido a menor estabilidade do feixe eletrônico, não se adequam para o uso em microanálise.⁶⁹

“Em termos de resolução, um MEV convencional atinge de 20 mil a 80 mil vezes. Com a fonte FEG, pode-se atingir de 300 mil a 500 mil vezes, afirma Moreira⁷⁰” (SIMAS, 2010), a exemplo da Foto 17, a seguir, que mostra um tipo de imagem gerada no monitor pelo MEV-FEG do LCME. Outras imagens produzidas por esse equipamento se encontram no Anexo 2.

⁶⁹ Informações disponíveis em < <http://pt.scribd.com/doc/88798642/Lista-de-MEV-e-MET> >. 11 de abril de 2012. Acesso em 2 abr. 2013.

⁷⁰ Marcelo Moreira, pesquisador do Centro de Tecnologia de Processos e Produtos (CTPP) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) do Estado de SP.

Foto 17 – Um tipo de imagem gerada pelo MEV-FEG do LCME, que é observada pelo usuário



Fonte: Reis (2010).

Por último, o MET é a técnica mais poderosa para a observação direta de estruturas, formando imagens em níveis atômicos. A fonte de emissão de elétrons é termoiônica, sendo em muitos aspectos mais complexa que as fontes de emissão por efeito campo (MEV-FEG).⁷¹

Por isso que o MET possui um poder de aumento útil de até um milhão de vezes e uma resolução, com espécimes biológicas, de cerca de 2 nm. Para tanto, as amostras biológicas precisam ser recobertas (por meio das chamadas ‘técnicas de constrastação’) com metais pesados, como o ouro, o ósmio, urânio e chumbo (HOMRICH *et al*, s.d.) para

⁷¹ ANTÔNIO, Marco. Microscopia eletrônica de transmissão. 12 de março de 2011. p.1-4. Disponível em < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABqWAAF/microscopia-eletronica-transmissao> >. Arquivo inserido por Marco Antônio, do curso de engenharia de materiais da UFSCAR. Acesso em 2 abr. 2013.

que se tornem condutoras. Algumas imagens geradas pelo MET se encontram no Anexo 2.

A diferença entre o MET 200 e o MET 100, ambos Microscópios existentes no LCME, foi explicada - durante a observação em campo - como estando relacionada ao alto poder de vácuo, à sensibilidade e intensidade do feixe que passa por dentro dos elementos do primeiro em relação ao segundo equipamento.

Devido a isso é que para o MET 200 não é muito comum usar ou é muito difícil de serem preparadas amostras biológicas, pois se demonstram frágeis e não-homogêneas. No caso de amostras materiais, quando é feito um furo (cujos detalhes estão mais à frente) na amostra e analisada a ponta ou borda desse furo da amostra, pressupõe-se que em tese ela é homogênea, e que a ponta vai revelar o tipo do material presente na amostra/matéria observada.

O uso do MET 100 ou MET 200 apesar de avançado, impõe algumas limitações:

- amostragem: paga-se um “alto preço” por uma imagem de alta resolução, onde se vê somente uma parte muito pequena da amostra, porque, em geral, quanto maior a resolução, menor precisa ser a amostragem;
- preparação de amostras: esta é a maior limitação do MET. As amostras devem ser suficientemente finas, na ordem de nanômetros ou menos, para que a intensidade de feixe que a atravessa consiga gerar uma imagem interpretável. O processo para preparar tais amostras pode afetar sua estrutura e composição;
- imagens 2D: a imagem obtida é uma média através da espessura da amostra. Portanto, é necessário tomar cuidado na interpretação da imagem, pois ela é bidimensional enquanto a amostra está em três dimensões;
- danos causados pelo feixe de elétrons: o feixe de elétrons funciona como uma radiação ionizante, danificando a amostra, especialmente se ela for cerâmica ou polímeros.⁷²

Comparativamente, as limitações do MEV e do MEV-FEG são menores, inclusive produzem imagens em terceira dimensão, entretanto,

⁷² ANTÔNIO, Marco. Microscopia eletrônica de transmissão. 12 de março de 2011. p.1-4. Disponível em < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABqWAAF/microscopia-eletronica-transmissao> >. Arquivo inserido por Marco Antônio, do curso de engenharia de materiais da UFSCAR. Acesso em 2 abr. 2013.

a preparação de amostras se revela parte crucial do processo, evidencia-se delicada e trabalhosa.

Não obstante, como será visto no item a seguir, não é a existência dessas peculiaridades nos equipamentos que irá determinar como ou quais elementos deverão ser analisados. Os microscópios eletrônicos possuem diferenças e importâncias significativas, mas, é surpreendentemente o elemento simples a ser analisado, ou seja, o objeto, que requererá tais e tais equipamentos, aparelhos e técnicas para sua caracterização completa, e que inclusive é o seu processo de elaboração/feitura que determinará uma visualização de imagem bem-sucedida. A própria criação de novos tipos de microscópios é uma decorrência do estudo dos elementos mais simples constitutivos da matéria.

Os procedimentos, processos, equipamentos e instrumentos com que trabalhavam o técnico-mecânico da manufatura e o engenheiro da grande indústria moderna reaparecem na máquina ferramenta de precisão eletrônica de modo muito geral, embora muitas vezes de forma modificada, pois esta não é norteadada à forma exterior do objeto, que visa imprimir uma forma exterior adequada à matéria utilizada, através de princípios clássicos, mas à forma interior do objeto: o processo - comportando os conhecimentos clássicos e quânticos - é feito de operações que visam o conhecimento e a alteração da estrutura interna da matéria. Onde vai revelando-se, descobrindo-se que o “fazer nanométrico”, em si, não comporta somente a explicação de princípios clássicos, mas, essencialmente, de princípios quânticos.

A máquina ferramenta de precisão eletrônica é mais ou menos uma edição de máquina ferramenta da grande indústria e da máquina ferramenta manufatureira, porque na forma do primeiro (isto é, da máquina ferramenta de precisão eletrônica) reconhecem-se as segundas, além de se reconhecer o próprio microscópio óptico, mas a forma atual dessa máquina ferramenta, que integra o microscópio de precisão eletrônica, apresenta modificações técnicas substanciais, como visto anteriormente, apesar de os princípios clássicos (ou da física aplicada) que movimentam os órgãos ativos implantados na armação do microscópio de precisão eletrônica já sejam conhecidos, tais como a mecânica, a termodinâmica, o eletromagnetismo, a ondulatória, a ótica e a acústica, dentre outros campos do conhecimento.

E são essas modificações substanciais que implicam novos espaços físicos, sociais, institucionais e conhecimentos especializados, bem como novas relações sociais.

Devido a isso é que os quatro microscópios eletrônicos do LCME-UFSC (MET 100, MET 200, MEV-FEG, MEV) e mais o Confocal requerem salas individualizadas, possuindo áreas que vão desde 9 a 27 m² aproximadamente, o que chega a ultrapassar o conforto do tamanho da sala dos servidores técnicos (de cerca de 15 m², atualmente), na ocasião da observação, compartilhada entre cinco servidores técnicos e mais dois bolsistas, com uso de baias/gabinetes individualizadas/os. Tais salas (com exceção da sala dos técnicos) são protegidas acusticamente, tanto nas paredes como no piso, além de serem permanentemente mantidas a baixas temperaturas.

No caso do MET 200, por exemplo, até mesmo a fala humana interfere nas lentes e na amostra que está sendo analisada (visto se saber que a onda, a partícula, sofrem a interferência de elementos externos) e por isso todo o cuidado é empreendido quando se está operando esse microscópio. Contudo, por ocasião da observação empreendida, foi constatada a dificuldade de se operar os equipamentos em virtude do barulho de uma serra elétrica provindo do prédio ao lado que estava sendo construído (o Centro de Biologia Molecular Estrutural - CEBIME), de modo que as observações durante o período tornavam-se inúteis, pois “tudo tremia”.

Quanto à limpeza desses ambientes, realizada por uma funcionária terceirizada, necessita ser feita diariamente, com um pano “quase seco” pelo chão, sendo que em duas salas a limpeza só pode ser feita com aspirador de pó, pois é preciso evitar que a umidade oxide determinados componentes. Quanto à limpeza dos materiais e dos microscópios, é feita pelos servidores técnicos. Portanto, evidenciou-se que os conhecimentos básicos requeridos para se atuar nesse ambiente já se colocam como uma barreira para quem não está familiarizado e ciente do funcionamento desses equipamentos.

Foi informado que a diária para o conserto/manutenção de um microscópio eletrônico do LCME é de cerca de R\$ 4.000,00. Em termos anuais a manutenção dos equipamentos gira em torno de R\$ 250.000,00, e isso porque três microscópios ainda estavam na garantia - na ocasião da observação⁷³.

⁷³ Relato informal de técnicos, em 23 de junho de 2010. Sobre a manutenção do fornecimento de energia desses microscópios, documento da PRPe, possivelmente de 2012, traz o registro de investimento para o LCME de um *Nobreak* de 225 kVA, no valor de R\$ 202.404,00, e de um “Grupo Gerador a diesel de 230 kVA para alimentar as cargas críticas do LCME”, no valor de

À luz de sua manutenção (específica, fundamental e num valor caro em termos individuais), os microscópios são extremamente sensíveis e caros - e mesmo alguns aparelhos de preparação de amostra, como o *Dimple* -, sendo manipulados unicamente pelos servidores técnicos, pois muitas pessoas mexendo, e sem boa experiência, possivelmente acarretará que estraguem em algum componente.

A máquina ferramenta de precisão eletrônica é essencialmente oriunda de uma produção que comporta não só os conhecimentos clássicos da física e química, mas considera os conhecimentos quânticos: é um sistema que, ao lhe ser transmitidas força motriz e transmissão apropriadas, age, sobre o objeto, obtendo o conhecimento de sua estrutura em escala nanométrica - o que antes, e dentro do limite de não se conhecer a estrutura interna da matéria, era realizado pela incursão da máquina ferramenta embasada somente em princípios da física clássica.

O fato de a força motriz (ou mesmo as partes componentes de transmissão) prover de um sistema cujos princípios firmados sejam clássicos não muda a essência desse processo produtivo. O fato é que quando a produção baseada nos conhecimentos clássicos incide sobre a forma exterior do objeto, alterando-o, ao ponto de evidenciar seus próprios limites em explicar os elementos componentes da matéria constitutivos ao objeto, os conhecimentos quânticos historicamente tomam o lugar junto aos conhecimentos clássicos. A diferença, então, quanto ao modo de agir no objeto, salta aos olhos, mesmo quando a produção da força motriz e de transmissão opera mediante os princípios clássicos, aumentando sua produtividade e reduzindo seus custos.

Por isso, independentemente do avanço decorrente dos princípios clássicos em relação à máquina ferramenta da grande indústria que opera o objeto (por exemplo, na sua velocidade), seu raio de ação passa a ser limitado, pois se visa sempre a forma exterior do objeto. O fazer nanométrico a respeito do objeto, que comporta conhecimentos quânticos, se emancipa desse modo da barreira orgânica que a máquina ferramenta de transformação da forma exterior do objeto, de incursão clássica, não podia ultrapassar.

3.1 Processo de preparação de amostras

O processo de preparação das amostras constitui uma diferença entre os microscópios do LCME. O material a ser estudado na micros-

cópia eletrônica, dependendo do tipo do microscópio, passa por um complexo processo (por exemplo, de desidratação, fixação, inclusão em resinas especiais, cortes ultrafinos obtidos por meio de navalhas de vidro, dentre outras etapas), demandando a utilização de vários outros aparelhos de preparação de amostras e por isso, não é possível observar material vivo nesse tipo de microscópio (BENTO, 2012). A preparação de amostras para o MET apresenta várias diferenças quando comparadas ao MEV, para o que se recomendam o estudo aprofundado em livros especializados de microscopia.

No entanto, isso variará devido não somente em relação ao tipo de microscópio que será utilizado, mas, ao tipo de informação que se quer obter e à natureza do material propriamente dito.

Existem muitos manuais introdutórios sobre a questão, como alude Castro (2002), Dedavid, Gomes e Machado (2007), Rocha (2008), dentre outros.

Muitos métodos de preparação de amostras têm sido descritos na literatura, apresentando bons resultados na visualização de materiais biológicos e não biológicos (Kessel & Shih, 1976; Hayat, 1972; Dawes, 1971; Hall & Hawes, 1991; Dykstra, 1993) (CASTRO, 2002, p. 12).

Amostras de metal para o MEV e/ou MEV-FEG não exigem nenhuma preparação especial, a não ser cortes para caber na câmara de amostras e algum seccionamento se necessário.

Já amostras sólidas não condutivas, contudo, devem ser cobertas com uma camada de material condutivo, o que é feito pela Recobridora do LCME com o ouro, pois esse material previne a acumulação de campos eletrostáticos na amostra e também melhora o contraste topográfico e de resolução, exceto quando observados com Ambiente de Vácuo Variável.

Vídeo 3 - Recobridora <<http://youtu.be/-WL0R-sjvq4>>.

As amostras biológicas, que são sólidos não condutivos e possuem condição natural hidratada, apresentam relativa complexidade de processamento. Somente objetos rígidos como sementes, espículas etc. podem ser observados no MEV e/ou MEV-FEG, tendo que ter acontecido um tratamento preliminar mínimo.

Na sua grande maioria, o preparo das amostras inclui diversas etapas (SILVEIRA, 1989 *apud* CASTRO, 2002, p. 12). Castro (2002, p. 12-15) fez uma sistematização dessas etapas de preparação, as quais são expostas a seguir a fim de expressar o trabalho e complexidade de sua pré-preparação, pois os servidores técnicos do LCME, embora saibam a respeito da preparação de amostras de sua área afim - e ocasionalmente de outras áreas - devido à cumulativa experiência teórica e prática, não são obrigados e nem possuem condições de dominar e/ou ensinar a respeito de todas elas, visando explicá-las aos usuários do laboratório.

Este processo *a priori* de preparação da amostra é total responsabilidade dos usuários, que, caso não produzam um bom material não tornarão possível sua visualização pelos microscópios, tornando inútil a função e o tempo dos servidores técnicos de operar os microscópios. Ao mesmo tempo, isso mostra o quanto o resultado bem sucedido de uma observação em um microscópio do LCME remete, novamente, para além da estrutura do LCME e da competência de seus servidores técnicos: na estrutura dos laboratórios da UFSC e/ou em outros laboratórios, no ensino-aprendizagem dos programas de pós-graduação e em formas extra-curriculares de aprendizagem.

Coleta, seleção e limpeza: deve-se evitar causar modificações que possam resultar na formação de avaliações equivocadas. Devem possuir a dimensão mínima necessária para o estudo e embora muitas vezes seja importante trabalhar com objetos grandes, quanto maior a dimensão, maiores serão as dificuldades encontradas para uma boa imagem. A manipulação dos espécimes com pinça deve ser minimizada, preferindo-se um pincel fino para objetos secos e um conta-gotas para transferir peças em meio líquido.

Estabilização da forma (fixação da amostra): as amostras, geralmente, são estabilizadas por fixação química, visando torná-las, ao mesmo tempo, condutoras. Da mesma maneira que em outra estrutura, a fixação química inicial responde pela integridade da amostra, sendo que o processamento anterior apenas garante a manutenção desta forma.

Na formulação do fixador, ajustam-se as condições ideais de concentração, pH, molaridade etc., de acordo com o material. O fixador é geralmente aplicado à temperatura ambiente, por imersão. O tempo de ação do fixador pode ser de algumas horas a vários dias, quando o objetivo é aumentar a rigidez do espécime. Vários agentes químicos de uso corrente em laboratório apresentam propriedades irritantes ou tóxicas. Todas devem ser manipuladas com prudência. Agentes carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos, são por definição, as substâncias que induzem aberrações químicas irreversíveis no DNA cromossômico. Outros

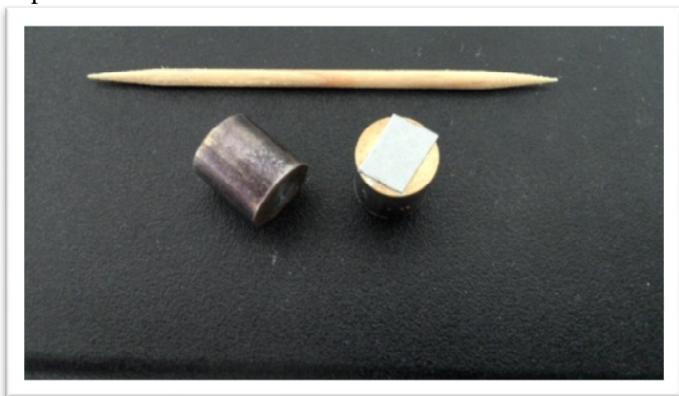
agentes são alergênicos e podem levar ao desenvolvimento de alergias devido à exposição continuada, seja por contato ou inalação. Recomenda-se, portanto, o máximo cuidado na manipulação das substâncias químicas, bem como dos resíduos decorrentes das experiências realizadas.

Desidratação e secagem das amostras: o espécime devidamente fixado por agentes químicos que o torna resistente é desidratado com acetona ou etanol, posteriormente substituído por gás carbônico liquefeito, na câmara do aparelho de ponto crítico. Após a despressurização lenta da câmara até à pressão atmosférica, o espécime é removido seco da câmara, sem alterações sensíveis de forma.

Montagem e cobertura: o espécime para MEV e/ou MEV-FEG precisa ser montado no suporte porta-amostras do microscópio (chamado *stub*) (Foto 18, a seguir), considerando a melhor orientação em relação ao feixe de varredura e o coletor de elétrons secundários. Conforme as dimensões do espécime podem ser usados vários tipos de adesivos, representados por colas condutoras de prata ou carbono coloidal; e fitas adesivas de carbono ou cobre também podem ser empregadas. As fitas, por serem isolantes, devem ser recortadas em dimensões reduzidas e bordejadas com um filete de prata coloidal para melhorar a condutividade.

Esse suporte, chamado *stub*, pode ser de latão ou de alumínio, tendo aproximadamente um cm de diâmetro. A seguir a imagem de um, comparativamente ao tamanho de um palito de dentes.

Foto 18 – Imagem de dois *stubs* (porta amostras), sendo um deles com uma amostra por cima pronta para ser visualizada, em comparação com um palito comum



Fonte: Autoria própria.

O trabalho de montagem é feito sob o microscópio estereoscópio (lupa), usando como instrumentos um estilete, palito ou uma pestana aderida a um suporte. Deve-se considerar que espécimes secos pelo método do ponto crítico são especialmente frágeis, necessitando de bastante delicadeza para montagem. Devido ainda à irradiação do feixe, a amostra pode ficar aquecida e, se for sensível, pode mover-se ou mesmo ser destruída durante a observação no MEV e/ou MEV-FEG. A cobertura dos espécimes biológicos visa torná-los bons condutores térmicos e elétricos.

Conservação das amostras: Amostras bem preparadas são altamente higroscópicas (propriedade de absorver água) e devem ser fotografadas imediatamente no MEV e/ou MEV-FEG. Elas podem ser conservadas por certo tempo em um dissecador contendo sílica-gel, se necessário. O maior risco desta conservação diz respeito à instabilidade das fitas adesivas usadas na montagem, pois elas tendem a se retrair, rompendo a condutividade do filme de cobertura. Embora nova camada possa sempre ser aplicada neste caso, é evidente que a espessura compromete a resolução

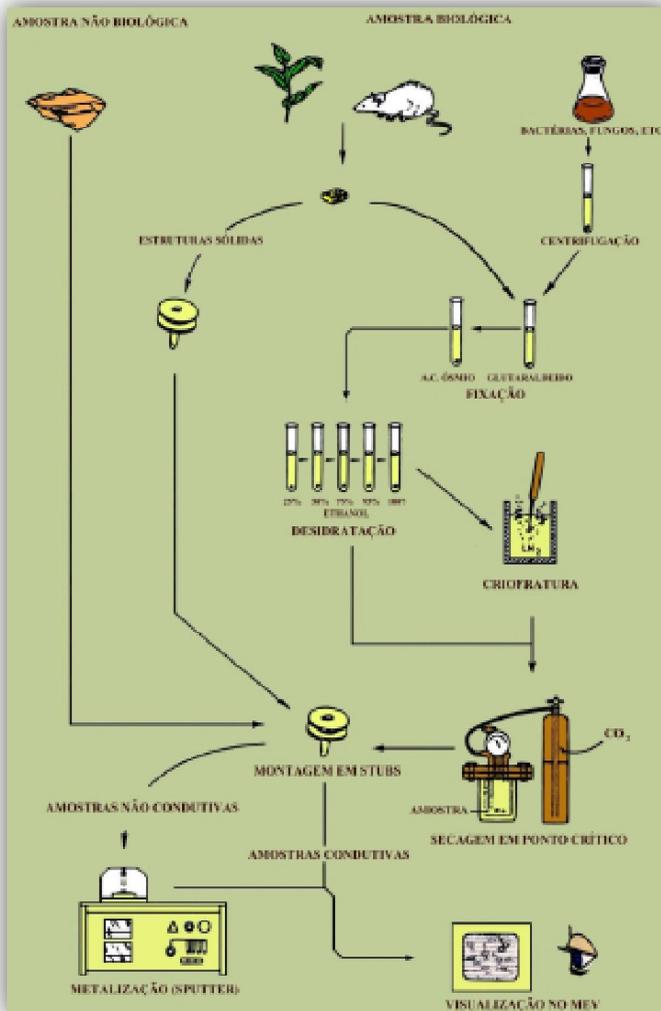
Por último, têm-se as **Condições de observação em um Microscópio Eletrônico**, cuja operação depende dos servidores técnicos do LCME: eles precisam saber qual a tensão aceleradora a aplicar (o que será definido pelo tipo da amostra, se material ou biológica). Para assegurar melhor imagem, o operador deve cuidar do alinhamento correto das lentes e do canhão, do ajuste do foco, da compensação do astigmatismo, etc. O registro fotográfico é, em geral, feito por câmera digital por sensores; assim, o brilho, velocidade da varredura, contraste são também importantes. Existem outros recursos que podem ser explorados para fazer ressaltar detalhes da amostra e colher mais informações a seu respeito, porém são necessários cursos aos servidores técnicos, visando utilizar todo o potencial do equipamento.

Castro (2002) traz um desenho esquemático de todas as etapas, sistematizadas e por ele detalhadas, relacionadas às amostras biológicas, que consta a seguir.

Do lado superior esquerdo do Desenho 6, veem-se uma amostra material que diretamente será montada sobre um *stub*, tendo que passar por um processo de secagem. Se for um material não condutivo, irá para a Recobridora (que faz a metalização da amostra com o pó de ouro) e depois para a análise na microscopia eletrônica. Se for uma amostra condutiva, irá para a análise na microscopia eletrônica sem passar pela Recobridora.

Do lado superior direito do Desenho 5, veem-se as diferentes etapas de preparação de amostra biológicas, se for uma estrutura sólida ou não, tais como bactérias, fungos etc. Nesse último caso, será preciso um processo de centrifugação, fixação, desidratação etc.

Desenho 5 - Esquema ilustrativo das principais etapas do processamento de amostras para microscopia eletrônica de varredura

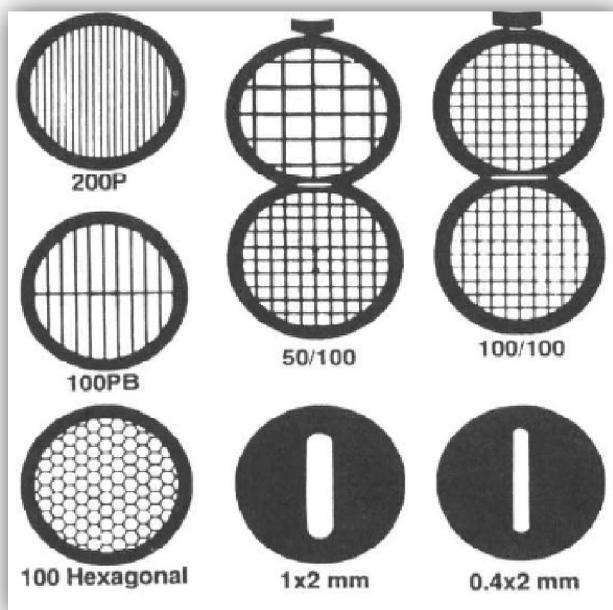


Já em um processo de feitura de uma amostra material que utiliza o MET (que é uma técnica “de cima pra baixo”, via desbaste), os procedimentos são distintos. Em geral, para se preparar uma amostra para o MET, é preciso levar em consideração as condições do que é uma amostra adequada, o afinamento inicial ou intermediário da amostra, o afinamento final e a utilização de outros métodos de preparação (ROCHA, 2008).

Segundo Rocha (2008), a amostra deve ser representativa do material de estudo, estável sob ação do feixe de elétrons e transparente ao feixe de elétrons. Sua espessura precisa ser de até 100 nm. Outras questões precisarão ser levantadas, tais como, se a deformação mecânica deve ser evitada a todo custo, ou se a amostra é suscetível ao calor/radiação (ROCHA, 2008).

A pergunta básica a ser feita é se a amostra será preparada a partir de um *grid* (grade metálica) (Desenho 6), de cobre ou níquel (Foto 18), ou a partir de uma folha fina do próprio material.

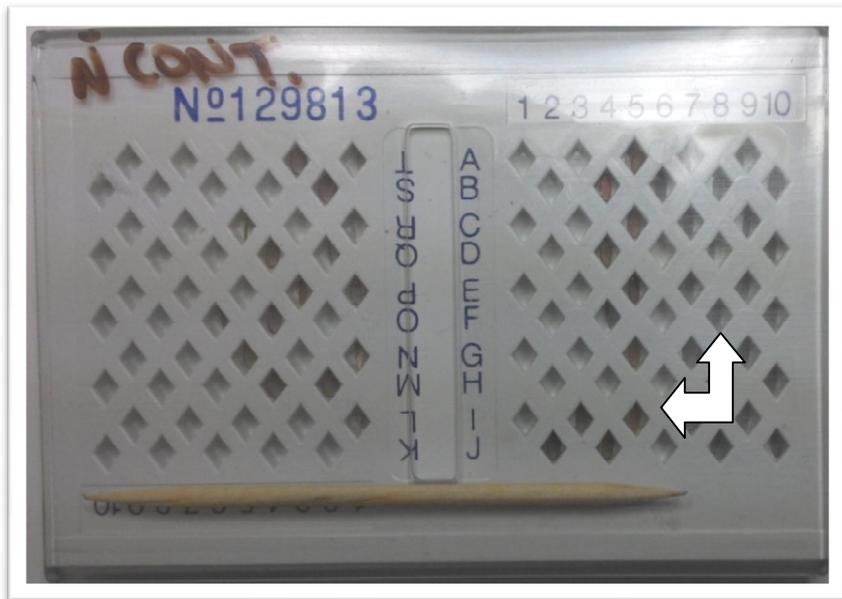
Desenho 6 – Alguns tipos de *grids* (grades)



Fonte: Rocha (2008).

Esses *grids* são extremamente pequenos a olho nu, medindo cerca de três milímetros de diâmetro. Por isso, há, a seguir, uma imagem real de um porta *grid* – onde são guardadas os *grids*, contendo as amostras - (Foto 19), e de um *grid* propriamente dito que contém uma amostra (Foto 20).

Foto 19 – Porta *grid*, contendo vários *grids* (feitos de cobre ou níquel)

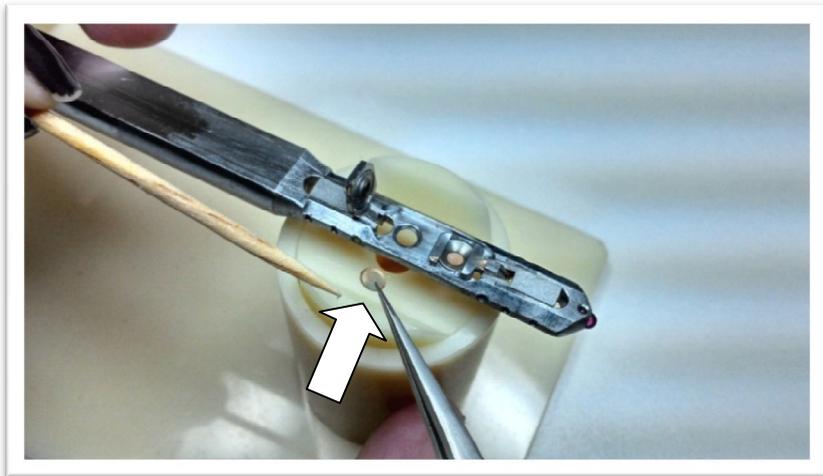


Fonte: Autoria própria.

Observe-se que cada um dos losângulos são espaços para acondicionar os *grids* que já contêm as amostras. Indicado pelo detalhe da Foto 19 acima, aparecem os *grids* de cobre, de cor dourada, e níquel, de cor prateada, os quais ficam acondicionados em pé.

É uma necessidade do preparador da amostra ter conhecimento, maestria, cuidado e delicadeza não só na preparação, mas, evidentemente, no manuseio da mesma.

Foto 20 – Imagem de um *grid* de cobre (segurado com a pinça)

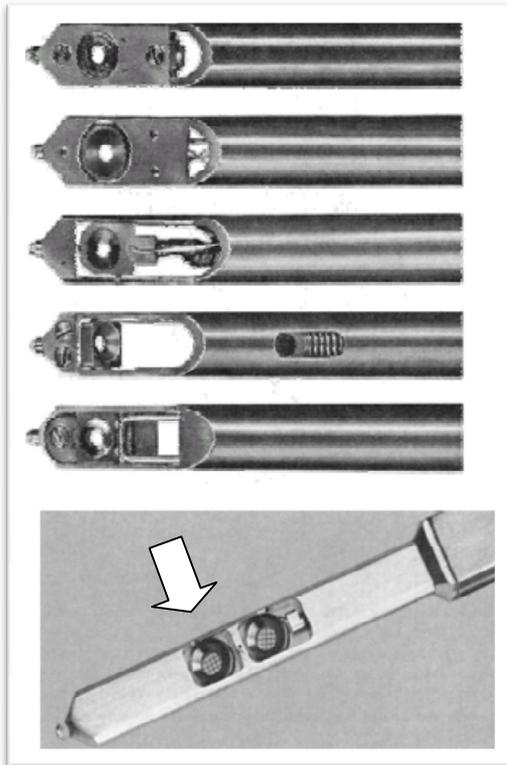


Fonte: Autoria própria.

Nesta Foto acima, vê-se o pequeno disco, o *grid*, que já contém o material amostrado, sendo preparado para ser colocado no porta-amostras do MEV-FEG.

Na Foto 21 a seguir aparecem os variados modelos de porta-amostras e no detalhe o local onde fica posicionada o *grid*, que mede cerca de três milímetros.

Foto 21 – Alguns tipos de porta amostras, a depender da marca, modelo etc. do microscópio



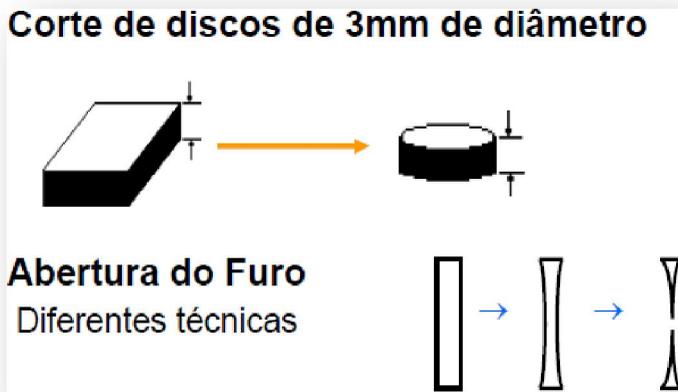
Fonte: Rocha (2008).

Se a amostra para o MET, no entanto, for preparada a partir de uma folha fina do próprio material a ser estudado, terá que ser fabricada igualmente por variados procedimentos “artesanais” até chegar num tamanho (três milímetros) que caiba no porta amostras – isso, no que se refere à preparação de amostras materiais. E, dependendo do tipo de material e procedimentos adotados, a amostra será única. Qualquer outro pesquisador pode seguir passo a passo a elaboração dessa mesma amostra, no entanto não é certo que obtenha a mesma imagem em termos de resolução e ampliação.

Especificamente para o MET 100 podem ser observadas amostras biológicas, seguindo-se, para tanto, os procedimentos de preparação adequados anteriormente descritos.

No caso de se fabricar essa folha fina do próprio material a ser estudado, a sequência de preparação, em linhas gerais, é a seguinte: corte do material (com diâmetro de três milímetros) e lixamento/polimento gradativo da espessura do material (em escala de micrômetros, isto é, milionésimos de um milímetro) até a obtenção do furo cuja extremidade será analisada (Desenho 7, a seguir). Os aparelhos utilizados podem ser de diferentes fabricantes e apresentar diferenciações, mas o importante é o efeito que produzem, sua função.

Desenho 7 – Corte de discos de amostra material e abertura do furo



Fonte: Rocha (2008).

No caso do LCME, é comum o uso do *Dimple Grinder* (Foto 10, anterior) para afinar o centro do disco em um formato côncavo, e do *Pips* (Foto 11, anterior) para polir a amostra e fazer o furo, feita que somente é possível de ser observada neste aparelho.

Para exemplificar o processo, minucioso e paciente, tem-se a seguir informações do estudo e preparação de uma amostra específica, em função de uma tese de doutorado, cujo objetivo foi estudar o ‘comportamento atípico’ da redução do desgaste da ferramenta à base de nitreto de silício⁷⁴, apesar do aumento de sua velocidade.⁷⁵

⁷⁴ É um material cerâmico que tem sido empregado nas indústrias aeronáutica, espacial, automobilística, eletrônica e metal-mecânica devido às suas excelentes propriedades de resistência mecânica, condutividade térmica, baixo coeficiente de expansão térmica e resistência à oxidação em altas temperaturas e ao choque térmico. Constitui, por isso, uma tecnologia viabilizadora de produtos e equipamentos de ponta e gera um considerável efeito multiplicador na econo-

A parte experimental dessa pesquisa foi realizada em diversos laboratórios, em virtude dos múltiplos equipamentos requeridos para caracterização da amostra estarem em diferentes locais: nos laboratórios do Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Tecnológico e no Laboratório Central de Microscopia (LCME), ambos da UFSC, nos laboratórios da empresa Tupy Fundições, no Centro de Nanociência e Nanotecnologia Cesar Lattes do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, e na Divisão de Metrologia de Materiais do Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO).

Dentre as limitações de seu trabalho, a autora explicou que o próprio entendimento do ‘comportamento atípico’ desenvolvido na usinagem do ferro fundido cinzento é bastante complexo, visto que o completo entendimento necessita de amostras para o MET da seção transversal da superfície da ferramenta.

Além disso, os resultados dependem de muitos fatores, tais como: composição química do material da ferramenta, percentual de sulfeto de manganês no material da peça, parâmetros de usinagem, emprego de fluido de corte, entre outros. Assim, optou-se por desenvolver um trabalho empregando ferramentas de corte e material da peça com composição comercial (PEREIRA, 2010, p. 16).

Nesse processo, dois aparelhos de preparação de amostras materiais do LCME foram utilizados: a Cortadora e a Lixadeira (Vídeo 1) e o *Pips* (Foto 11).

A fim de comparar a microestrutura e a composição da *tribolayer*⁷⁶ com o material da peça, amostras dos corpos de prova foram caracterizadas

mia (cada unidade monetária investida viabiliza ou exerce influência em um mercado de produtos 11 vezes maior) (LANNA *et al*, 2004, 2004a, MESQUITA *et al*, 2008).

⁷⁵ Isso é uma divergência em relação à equação de F.W. Taylor, que, após 26 anos estudando a relação entre velocidade de corte e vida da ferramenta, concluiu que à medida que a velocidade de corte aumenta, a vida da ferramenta diminui, resultando num aumento dos custos com ferramenta, especialmente na manufatura, mundialmente hoje estimados em 71 bilhões de dólares (PEREIRA, 2010). É interessante ratificar, conforme Palucka (2002), o quanto que o microscópio eletrônico de varredura significou a melhor solução para os metalúrgicos, que conseguem visualizar a superfície de metal diretamente.

⁷⁶ O material aderido à superfície da pastilha (que é o suporte) é formado pelo material da ferramenta e pelo material da peça como resultado das interações física e/ou química desses dois corpos. Por isso, o termo *tribolayer* foi usado na tese para referir-se à camada de material na superfície da pastilha (PEREIRA, 2010).

num microscópio eletrônico de transmissão (Jeol JEM 2100 HTP) empregando: difração de área selecionada (SAED) e análise química por EDS (Thermo Noran) auxiliada pelo programa Noran System Six.

As amostras de TEM [MET] foram preparadas pelo método convencional, que consiste em cortar um disco com diâmetro de 3 mm e espessura de aproximadamente 400 μm [com uma CORTADORA com disco adiamantado]. Em seguida, a amostra é desbastada e polida nas duas faces até atingir uma espessura de aproximadamente 100 μm e posteriormente a espessura é reduzida por um processo denominado *dimpling* até atingir 20 μm , [...]. Para terminar a preparação, a amostra é submetida a um polimento iônico, realizado por meio do equipamento PIPS (*Precision Ion Polishing System*) da Gatan, [...], até que um furo [somente visível nesse aparelho], com borda suficientemente fina para a passagem do feixe de elétrons, seja formado próximo à região que se deseja analisar, [...]. Geralmente, a região ao redor do furo tem uma espessura inferior a 100 nm [sendo essa a região que será observada] (PEREIRA, 2010, p. 48).

Evidencia-se porque a preparação de amostras é, portanto, processo crucial de elaboração na produção nanocientífica e nanotecnológica.

Não somente por permitir a decomposição/caracterização dos elementos simples da matéria, mas também por permitir sua alteração, seu estudo sob diferentes condições e recomposições. Como afirma Schultz (2009), o teste das características das nanopartículas envolve a física, mas a síntese das nanopartículas é um problema químico.

Não é sem propósito racional que existem duas grandes salas de preparação de amostras (biológicas e de materiais) no LCME, ocupando importante espaço físico com os seguintes aparelhos:

- Ultramicrotomo para tecidos biológicos
- Politriz de alta e baixa velocidade (Foto 29)
- Dimple (Foto 30)
- Disc grinder
- Polimento iônico (PIPS) (Foto 23)

- Cortador ultrassônico (Foto 27)
- Limpador ultrassônico com aquecimento
- Microscópio estereoscópico (lupa) (Foto 33)
- Centrífuga
- Recobridora de ouro (*sputtering*⁷⁷) (Foto 24)
- Chapa quente com controle de temperatura (Foto 30)
- Estufa e dessecador (Foto 25)

Sobre materiais especiais para a preparação de amostras, o LCME ainda disponibiliza uma lista de fornecedores no Brasil⁷⁸.

A seguir, a sequência de Fotos (22 a 33) do **Laboratório de Preparação de Amostras Materiais** (uma sala de mais de 26 m²) procura dar uma visão de 360 graus dessa sala, no sentido da direita para a esquerda.

Seguindo a tendência dos equipamentos (os microscópios), verifica-se o tamanho reduzido desses aparelhos e do instrumental de trabalho, o que evidentemente se relaciona com o objeto em si e o tipo de análise empreendida.

⁷⁷ *Sputter coating* significa revestimento por pulverização catódica.

⁷⁸ Das marcas SPI, EMS e Jeol e Gatan.

Foto 22 – Geladeira (para guardar amostras e outros insumos)



Fonte: Autoria própria.

Foto 23 - Polidor iônico de precisão (*Pips*) – Gatan, Modelo 691 (que faz polimento refinado e um furo na amostra)



Fonte: Autoria própria.

Foto 24 – Recobridora (para imantar as amostras com finas camadas de ouro ou carbono) – Leica EM SCD500



Fonte: Autoria própria.

Na Foto à direita, se vê o pequeno motor (em cor azul) que suga o ar de dentro do secador, preservando as amostras da umidade.

Foto 25 – Dessecadora (para guardar as amostras sob vácuo)



Fonte: Autoria própria.

Na Foto à direita, se vê o pequeno motor (em cor azul) que suga o ar de dentro do secador, preservando as amostras da umidade.

Foto 26 – Destilador (produz água destilada)



Fonte: Autoria própria.

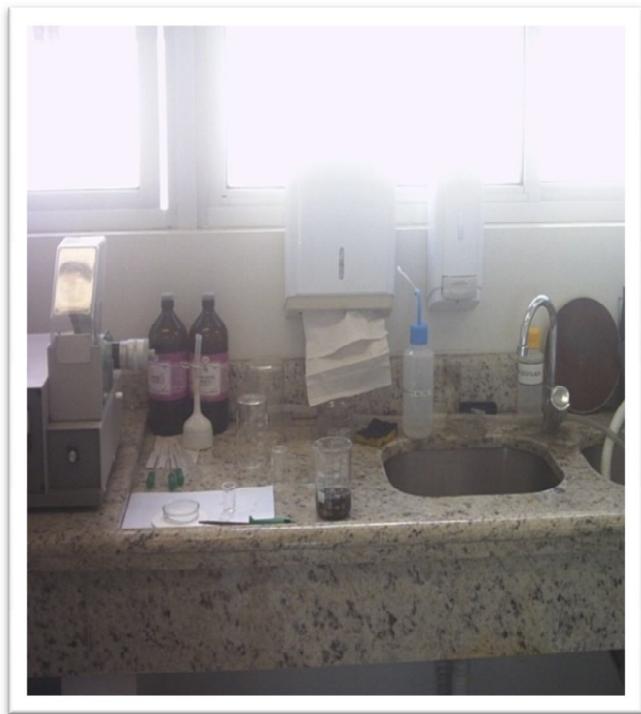
O equipamento à esquerda está no alto. Na Foto à direita, no canto esquerdo está a bombona que condiciona a água destilada produzida pelo destilador.

Foto 27 – Cortadora com disco adiamantado (Leco VC-50)



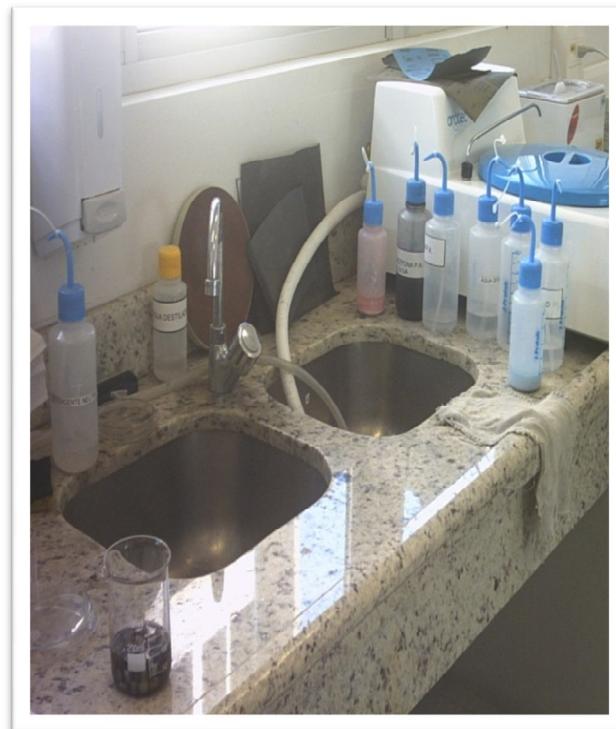
Fonte: Autoria própria.

Foto 28 - Panorâmica 1 da pia



Fonte: Autoria própria.

Foto 29 - Panorâmica 2 da pia, com a lixadeira/politriz (Arapol-E) ao fundo



Fonte: Autoria própria.

Foto 30 - Banho Ultrassônico (ao fundo) e balança (à direita)



Fonte: Autoria própria.

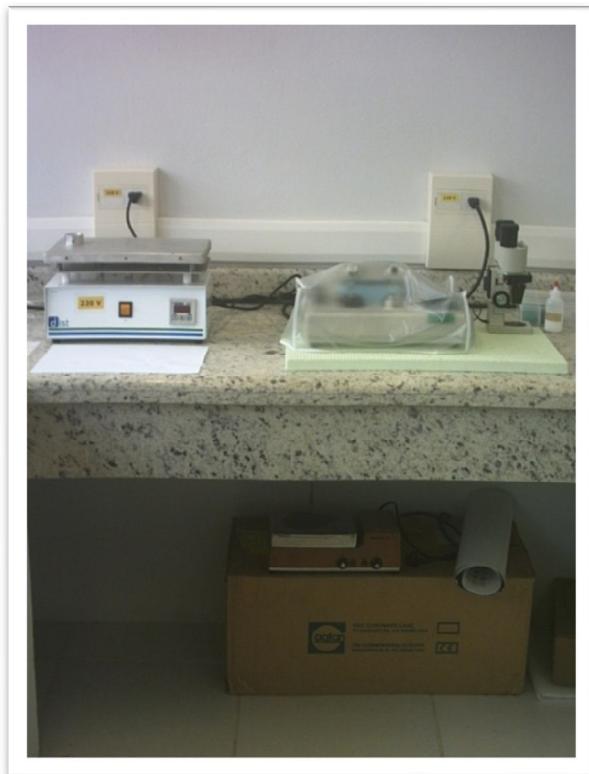
Foto 31 - Amostras: ampliação do detalhe da Foto 30



Fonte: Autoria própria.

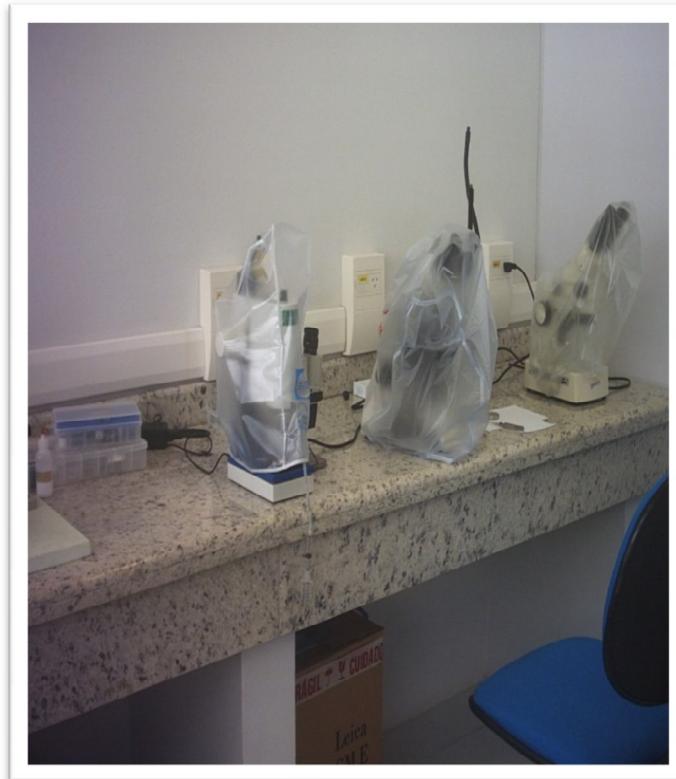
No detalhe da Foto à esquerda, observa-se no canto esquerdo algumas amostras sendo preparadas. A Foto a direita é uma ampliação daquelas amostras. Veja-se que mesmo com a aproximação são muito pequenas.

Foto 32 – Placa Aquecedora (à esq.), e *Dimple GRinder* (mod. 656, marca Gatan)



Fonte: Autoria própria.

Foto 33 - Microscópios óticos (esquerda e centro) e o Esteroscópio (lupa) (à direita) (protegido por capa) (à direita)



Fonte: Autoria própria.

Na sala de preparação de amostras biológicas há um balcão de mármore, tal como na outra, que ocupa, ao longo da parede, quase metade do perímetro da sala. Porém, há algumas diferenças: a presença de uma estante branca ou armário com partes superiores vazadas e a parte inferior fechada. Ao alcance imediato, nessa estante, ficam pipetas, copos de *becker*, óculos de acrílico, luvas, apostilas e instrumentos diversos (cotonetes comuns, películas semi-transparentes de origem norte americana etc).

Há uma geladeira e uma mesa central com diversos materiais/insumos de preparação de amostras, bem como um telefone no ambiente. Os aparelhos são distintos dos da sala de preparação de amostra materiais: *Biopar* (do tamanho de um frigobar), *Biopar II* (do tamanho de um minifrigobar), balança de precisão (*Precisa*), *Centribio*, Bombona (*Gennaplasties*), *Permutation* (que parece uma estufa, pois dentro há vidros com produtos químicos, e há uma porta de vidro que sobe e desce, 'isolando' ou protegendo o que está dentro), uma caixa de madeira pintada de branco, porém cujo tampo é de vidro e a parte da frente é vazada, e dois microscópios da marca *Glass Knife Maker*.

Além disso, dentro desse espaço, há duas pequenas salas separadas por divisórias. Numa delas ficava o ultramicrotomo e a outra sala estava fechada nos momentos de observação.

Vídeo 4 – Ultramicrotomo <http://youtu.be/u2-YF9t-R_I>.

No LCME foi visto que a preparação de amostras é parte essencial do processo, exigindo longo e cuidadoso trabalho dos usuários e ocasionalmente dos servidores técnicos, quando precisam acompanhar o processo em função do cuidado com os aparelhos.

Cabe salientar que o ponto de partida para a abordagem sobre o objeto não é o uso da técnica “x” ou “y” e/ou dos equipamentos/aparelhos/instrumentos “x” ou “y” que vai definir, por exemplo, uma dissertação ou uma tese, porque isso pode ser insuficiente para uma caracterização ‘completa’ da amostra, do material utilizado.

É a caracterização da amostra, dependendo de qual tipo ela for, que vai requerer tais e tais técnicas, equipamentos/instrumentos/aparelhos.

Por isso, é que se pode afirmar que, às vezes, a precisão não tem a ver com a potência do equipamento, mas com a natureza da amostra. Por exemplo, se é úmida, não serve para nenhum microscópio eletrônico, porque este trabalha a vácuo.

Também, a respeito da trabalhosa preparação de amostras, registrou-se o relato de um acontecimento em outro laboratório. Levou-se um dia todo preparando uma amostra material, sendo necessário levá-la do *Dimple* para o *Pips*, porém esses aparelhos ficavam em salas separadas (embora uma ao lado da outra). Então, a pessoa foi carregando a amostra, que era um “disquinho” de cerca de dois milímetros, em cima de um papel e este sobre a palma da mão, porém quando abriu a porta, o vento fez voar o papel e junto a amostra – ou seja, o usuário acabou perdendo a amostra.

Foi explicado que quando uma pessoa está muito cansada, isso também afeta a confecção de uma amostra. Naquele dia aquela pessoa estava cansada, tendo vários momentos em que quase tinha se esquecido de certos procedimentos, ou seja, teve vários sinais de que já estava cansada, sendo um desses sinais o próprio modo como havia transportado a amostra, pois deveria ter sido usado o recipiente adequado. E, mesmo quando uma amostra está dentro do recipiente adequado, ela deve ser carregada com todo o cuidado, pois qualquer queda, chacoalhão etc. pode danificar a amostra. Por isso que dependendo do tipo da amostra, ela precisa ser guardada no próprio LCME (na Dessecadora), não sendo possível levá-la para casa ou outro laboratório do campus.

No entanto, mesmo que o mecanismo executor e as partes componentes dos microscópios, bem como os aparelhos de preparação de amostras e os diversos instrumentos, existam para conhecer/decompor-alterar o objeto em escala nanométrica, sendo componentes muito importantes, não é esse o elemento determinante do caráter fundamental da base científica laboratorial.

O ponto de partida na produção de base científica laboratorial decorre não da decomposição ou aperfeiçoamento dos elementos de trabalho (como ocorreu na manufatura), nem do instrumento de trabalho (como na grande indústria moderna), mas do objeto em si, sobre o qual se trabalha. E essa singularidade que se expressa como universalidade tem os seus meios nos microscópios eletrônicos e nos aparelhos de preparação de amostras.

Assim, os elementos constituintes da matéria (as moléculas e os átomos), cuja importância para as concepções em nanotecnologia é maior, são: Hidrogênio (H), Carbono (C), Nitrogênio (N), Oxigênio (O), Flúor (F), Silício (Si), Fósforo (P), Enxofre (S) e Cloro (Cl), dentre outros.

Considerando-se que os materiais são fundamentais para a grande maioria das aplicações da nano-

tecnologia, fica evidente a necessidade de matérias-primas (materiais de partida), tais como óxidos, semicondutores e especialidades químicas orgânicas e inorgânica (ALVES, 2004, p. 34).

Exemplificando a importância dos materiais, Alves (2004) fornece algumas tendências desse tipo de produção, no Quadro 4 a seguir.

Quadro 4 – Tendências e comentários sobre os materiais em nanociência e nanotecnologia

Tendência	Comentário
Nanopartículas	A produção controlada de partículas na faixa de 1 a 100 nm é crucial; seu manuseio certamente é um problema-chave.
Estruturas quânticas	A pureza dos materiais é fundamental para a obtenção destas estruturas e também a realização de pesquisas na direção das metodologias de produção.
Filmes finos multicamadas	As necessidades passam pela presença de salas e ambientes “limpos”, uma vez que as impurezas e defeitos comprometem a performance dos filmes. Materiais de alta pureza serão necessários para fontes de <i>sputtering</i> e uso em métodos de deposição química (CVD).
Dispositivos nanomecânicos	Materiais com integridade física, que permitam a produção de dispositivos, serão de grande importância, dado que serão submetidos a tensões e esforços mecânicos.
Materiais “nanoprobes”	Materiais necessários para a produção de pontas-de-prova para microscópios de imageamento com varredura, uma das ferramentas fundamentais da nanotecnologia. Necessidade de materiais que sejam quimicamente inertes e fisicamente estáveis, a ponto de poderem ser usados como pontas-de-prova atômicas.
Biosensores e transdutores	Capacidade de síntese de especialidades químicas orgânicas ultrapuras, contendo grupos terminais para uma aplicação determinada, e capazes de ligar-se, de modo reprodutível, a superfícies de semicondutores e óxidos

Fonte: Alves (2004, p. 34).

A tecnologia atual caminha definitivamente para a escala nanométrica, seja através da miniaturização (sentido *top-down*), seja através

da montagem nanoestrutural a partir de átomos e moléculas (sentido *bottom-up*) (TOMA, 2005). Os próprios recursos e meios empregados são pequenos em suas dimensões, pois visam à preparação e observação de amostras fisicamente impossíveis de serem analisadas a olho nu, ocorrendo sua visualização, caracterização e estudo somente em nível de microscopia eletrônica.

Além disso, observou-se que o processo por inteiro está relacionado a diversas Ciências, técnicas, aparelhos de preparação de amostras e microscópios eletrônicos atualmente desenvolvidos, cujos conhecimentos que os originaram são provenientes de diversas áreas, conformando um processo que em sua origem se mostra interdisciplinar.

Seguindo o proposto para o objetivo deste capítulo, forneceu-se o *status* do conhecimento permitido e possibilitado pela microscopia eletrônica, no entanto, como expressão do *general intellect*: os homens, exprimindo o trabalho presente, e os equipamentos e aparelhos, expressando o trabalho passado, mas ambos como expressão do ser social. A intenção foi, assim, evidenciar o elemento humano da microscopia eletrônica e da base científica laboratorial.

Isso, porque, quando do esforço de estabelecer as distinções entre os microscópios eletrônicos presente no LCME, estas foram percebidas como relacionadas ao objeto, logo, à preparação tipo de material das amostras, caracterizada como lenta, minuciosa e trabalhosa. Ou seja, apesar da existência das peculiaridades técnicas nos equipamentos do LCME, não é isso o que determina como e quais os elementos deverão ser analisados, qual o resultado final. Revela-se que é o objeto, o elemento simples a ser analisado, que exige tais e tais equipamentos e aparelhos para sua caracterização completa, e que, inclusive, é a sua natureza e o seu processo de elaboração/feitura que determinará uma visualização de imagem bem-sucedida. A própria criação de novos tipos de microscópios é uma decorrência do estudo dos elementos mais simples constitutivos à matéria.

Contudo, apesar de a análise na microscopia eletrônica ser um predicado do objeto, e, portanto, da preparação de amostras, evidentemente que, na medida em que permite “ver” o objeto e os efeitos da manipulação sobre ele, ela retroalimenta o próprio processo de preparação de amostras e seu aperfeiçoamento futuro.

O fundamento da base científica laboratorial reafirma-se como sendo essencialmente pautado sobre o objeto e secundariamente sobre os equipamentos, aparelhos, instrumentos, insumos.

CAPÍTULO 4 – INTERCÂMBIO, *GENERAL INTELLECT* E COOPERAÇÃO: NA JORNADA DA CRIAÇÃO OU “QUEM” CONDUZ OS FIOS DA CRIAÇÃO

O objetivo deste capítulo é desvelar como a produção do conhecimento acontece sob o ângulo das relações sociais que se estabelecem em um laboratório, tal como o LCME, de fronteira científica e pertencente a um ente público, especificamente uma instituição de ensino superior, considerando os “trabalhadores da Ciência” (pesquisadores, pós-graduandos, bolsistas, servidores técnicos).

Latour e Woolgar (1997), que realizaram pesquisa etnográfica, por dois anos (entre 1975-1977), em um laboratório de neuroendocrinologia, e utilizando referencial teórico-metodológico diverso daquele que suporta este trabalho, chegaram a algumas constatações que se assemelham às da presente tese (resguardadas as devidas especificidades laboratoriais, metodológicas e épocas), sendo, por isso, citados no decorrer do presente capítulo.

O intercâmbio entre as várias áreas da Ciência exprime-se, na produção de base científica laboratorial, de quatro formas:

- a) no sistema de máquina eletrônica, sintetizado num só equipamento (o microscópio eletrônico);
- b) na existência de múltiplos sistemas de máquinas eletrônicas, materializada nos variados equipamentos e de aparelhos de preparação de amostras que mediante conjuntamente a ação dos homens vivos, permitem em si observar/decompor a matéria, remetendo sempre relações para além de si, conformando o que pode ser chamado de “produção de base científica laboratorial”.
- c) no processo de alienação e desenvolvimento do ser social, cuja complexidade indica que o caminho da superação da alienação é o mesmo caminho da alienação, isto é, que o caminho da produção da mais valia – que é o caminho da produção de capitalistas e assalariados -, é simultaneamente o caminho da negação da produção da mais valia, que por sua vez é o caminho da negação da produção de capitalistas e

assalariados.⁷⁹

d) na cooperação entre os homens que se expressa como determinadas relações sociais de produção do conhecimento nanocientífico e, por consequência, de trabalho.

4.1 Primeira expressão de intercâmbio: objetividade e *general intellect*

No primeiro modo de intercâmbio, cada microscópio é uma síntese diminuta da combinação de máquinas de diferentes espécies e diferentes habilidades dos homens - ou, do “verdadeiro sistema de máquinas”, conforme Marx (1996, p. 432)⁸⁰ -, mas que opera sobre o objeto, desvelando suas propriedades mais simples. Abstraindo a interação dos complexos componentes entre si do microscópio eletrônico, observando um equipamento desse tipo isoladamente, a transformação que se opera sobre o objeto pode ser considerada, num primeiro momento, como feita por processos parciais objetivos e desprovida, portanto, de caráter subjetivo.

Quanto à importância de certos equipamentos (bem como seus componentes/insumos diretos) em relação a certos aparelhos, aos instrumentos e insumos, está objetivada no seguinte sentido:

Pode-se perfeitamente passar sem as pipetas automáticas, mesmo que se perca um pouco de tempo realizando manualmente a operação. Mas se o contador gama quebra, será difícil medir a radioatividade a olho nu! A observação da radioatividade depende totalmente da presença do contador (LATOURET, WOOLGAR, 1997, p. 62).

No LCME, a observação das amostras nos equipamentos depende totalmente de certos componentes/insumos dos aparelhos/equipamentos, como, por exemplo, o nitrogênio líquido - essencial para o

⁷⁹ Não há aqui como levantar a discussão histórica sobre o conceito de alienação, nem explicitar o amplo estudo sobre o mesmo. Limitamo-nos apenas a indicar os estudos de Ranieri (2001), Mészáros (2006), expondo, contudo, que a interpretação aqui adotada lança mão da tese de doutorado de Marx (1979), *A diferença entre as filosofias da natureza em Demócrito e Epicuro*, iniciada em 1839, conforme o estudo de pós-doutorado de Aued (2005), mas, também, de autores como Collin (2006), Albinati (2005) e Oliveira (2008) que expõem o peso das concepções na tese marxiana sobre o conjunto da obra marxiana.

⁸⁰ Tal como os centros de usinagem apresentados por Guimarães em sua tese (1995).

funcionamento do MEV-FEG - e que toda a semana tem sua compra e troca intermediadas pelos servidores técnicos; ou mesmo do sensor de elétrons retroespalhados⁸¹ do MEV-FEG, que precisa ser inserido manualmente no equipamento.

Nesse caso, tratando-se de algum componente essencial ao funcionamento de um microscópio, o atendimento para resolver-se o problema por parte da Reitoria é imediato.

Poderia tratar-se, também, de algum problema relacionado a algum aparelho de preparação de amostra, por exemplo, da Recobridora (Foto 24, anterior), já que para certas amostras serem olhadas precisam ter um condutor por cima, e esse aparelho imanta as amostras com o pó desses condutores, possibilitando que seja vista no microscópio. No caso da Recobridora do LCME, o pó do ouro é produzido dentro do próprio aparelho a partir de uma “barrinha ou disco” de ouro, o qual quando se degrada (ficando com um furo no meio) precisa ser reposta, por meio da compra pela PRPe, em geral do fornecedor da máquina.

No entanto, a urgência e o imediatismo para resolver algum problema nos aparelhos, em geral, não seria tão premente se comparado a algum problema nos equipamentos. O mesmo pode-se dizer de certos instrumentos e insumos que, apesar de importantes materiais para quem está no dia-a-dia do LCME, são comprados em pequenas quantidades, talvez por serem baratos ou “pequenas coisas”: luvas, cotonetes, fósforos, pinças, papel filme, papel alumínio, giletes, estiletes, canetas, lápis, caneta marcador de CD, lupa, fita adesiva, palito de dentes, solução de álcool 70%, acetona, álcool etílico, esmalte, pipetas, copos de *becker*, óculos de acrílico, *stubs* etc.

Inclusive, alguns insumos/instrumentos já foram trazidos de casa, pelos servidores técnicos, como, por exemplo, os de uso doméstico, enquanto que outros, de uso mais específico dos usuários⁸² precisam realmente ser trazidos pelos usuários.

Pelos equipamentos e aparelhos isoladamente, a execução sobre o objeto pode ser pensada como objetiva *em si* mesma, por meio dos seus

⁸¹ Esse sensor permite mapear ou fotografar a composição química do material observado em regiões mais profundas da amostra, da seguinte maneira: quando o núcleo é grande, a chance de os elétrons baterem dentro e ricochetearem - voltando uma imagem - é grande; quando é pequeno, o elétron passa direto. “A imagem gerada por esses elétrons fornece diferentes informações em relação ao contraste que apresentam: além de uma imagem topográfica (contraste em função do relevo) também obtêm-se uma imagem de composição (contraste em função do número atômico dos elementos presentes na amostra)” (DEDAVID, GOMES, MACHADO, 2007, p.13).

⁸² Como, por exemplo, um componente químico, um porta-amostras ou o próprio material a partir do qual será preparada a amostra, dentre outros.

diversos componentes internos. E a questão de levar a cabo cada um dos diversos processos de sua preparação, bem como de sua análise, e seu entrelaçamento é resolvido com a aplicação de outros domínios da ciência, como trabalho passado e trabalho presente.

O aperfeiçoamento de qualquer aparelho ou equipamento do LCME, como conserto, manutenção e fornecimento de certos componentes/insumos também se dá com a aplicação de outros domínios da ciência. Isso, no entanto, depende de empresas especializadas, em geral dos próprios fornecedores/fabricantes. Mesmo assim, dependendo do problema ou aperfeiçoamento, sua solução pode demorar, denotando o complexo entrelaçamento científico de sua feitura/construção. Esta é, portanto, uma alçada alheia à competência dos servidores técnicos do LCME, concursados para operá-los e não para aperfeiçoá-los ou consertá-los, o que requereria um conhecimento profundo de seu funcionamento.⁸³

Em geral, a Universidade prima pela manutenção de sua propriedade, trabalho passado, cujo investimento e custo são altos, priorizando-se os processos de manutenção preventiva em detrimento da manutenção corretiva (tarefas de manutenção não-planejadas para restaurar as capacidades funcionais de equipamentos ou sistemas falhados).

Os equipamentos, devidamente inclusos em sistemas preventivos de manutenção, certamente terão assegurado uma vida útil prolongada e redução nos custos de manutenção, tendo em vista que determinadas causas são de fácil detecção e podem ser tratadas por meio de manutenções preventivas (MOLINARO, CAPUTO, AMENDO-EIRA, 2009, p. 41).

No LCME visualizou-se que os equipamentos e aparelhos como inscritesores⁸⁴ e as habilidades requeridas utilizadas provêm de variados

⁸³ Por exemplo, quando a Recobridora - Foto 24 - é ajustada para cobrir com 50 nanômetros de ouro uma amostra, mas acontece algum problema: se está na garantia ou não, chama-se o técnico do fabricante, sendo, muitas vezes, tranquilo resolver a questão. Porém, se não há precedentes do defeito e capacidade de resolvê-lo, sendo difícil e demorado, à reitoria resta buscar uma solução, seja de auxílio entre professores-pesquisadores, seja entre técnicos/profissionais, quiçá, de outras instituições, públicas e/ou privadas.

⁸⁴ Terminologia de Latour e Woolgar (1997) para designar aparelhos que traduzem/transformam a matéria em escrita, mas à qual precisa ser completada com a palavra “e imagens” devido ao observado no LCME.

domínios científicos, tal como também verificado por Latour e Woolgar (1997):

Uma seqüência de operações e um teste, atualmente banalizados, foram, no passado, objeto de debate e produziram publicações em outro domínio. Os aparelhos e as habilidades de um domínio materializam os resultados finais de debates ou controvérsias ocorridas em outro espaço. Esses resultados entraram no laboratório por meio indireto [...] O inscridor produz inscrições que pode, por sua vez, servir para que se escrevam artigos ou para que se façam intervenções significativas, concebendo aparelhos a partir de teorias pré-estabelecidas. Quando um membro do laboratório, por exemplo, trabalha em um computador, ele recorre, ao mesmo tempo, à potencialidade da eletrônica e da estatística. Um outro que se utiliza do espectrômetro RMN [ressonância magnética nuclear de alta resolução] para controlar a pureza de seus compostos, usa a teoria do *spin* e os resultados de 20 anos de pesquisa física fundamental. Quando se discute a estrutura especial de um fator de liberação, utilizam-se implicitamente os trabalhos desenvolvidos pela química em geral, há vários decênios. O mesmo acontece quando se realiza um radioimunoteste para procurar uma nova substância: é suficiente o conhecimento de alguns princípios de imunologia e de radioatividade. Todo o progresso realizado em um laboratório está de certa forma ligado ao que se passa nos outros domínios (LATOURE, WOOLGAR, 1997, p. 63-64).

O laboratório apropria-se do gigantesco potencial produzido por dezenas de outros domínios de pesquisa, tomando emprestado um saber bem instituído e incorporando-o sob a forma de aparelhagem ou de uma seqüência de manipulações (LATOURE, WOOLGAR, 1997, p. 66).

Por esse sentido a execução sobre o objeto é objetiva. Claro que, de um outro ponto de vista, poderia parecer que especialmente os equipamentos e aparelhos executam todos os movimentos necessários para a transformação e observação “sem ajuda humana” e que a

intervenção humana ocorre em função de uma vigília sobre o processo⁸⁵. No entanto, essa hipótese parece pouco provável, uma vez que são requeridas habilidades humanas pensantes: teóricas e empíricas, habilidades específicas e complexas, avaliativas e analíticas, fundamentadas em anos e anos de pesquisa-homens. Não se trata de um processo manual mecânico ou artesanal destinados a moldar o objeto em sua forma exterior.

A pesquisa junto ao LCME revela que se trata de uma “objetividade” com aspas, porque é um processo que, além de se pautar em elementos e conhecimentos mortos, fixados, trabalho passado, depende do trabalho presente. Ao mesmo tempo, os equipamentos, aparelhos, instrumentos e insumos de um laboratório são a expressão material, a objetivação do intercâmbio da produção de conhecimento já posto entre os homens para produzirem suas vidas.

Para além de todo o conhecimento fixado nos equipamentos e aparelhos, o uso de todos os seus potenciais mostrou-se estar fundado sobre conhecimentos acumulados histórica e individualmente, trabalho presente, bem como no seu intercâmbio tácito. Esse conhecimento evidencia-se como não sendo transferível, seja por meio das publicações científicas, seja pelos manuais técnicos. É preciso esclarecer que esse acúmulo individual é inteiramente social, no sentido de que as condições que permitiram isso são sociais.

A aprendizagem, experiência e transferência do conhecimento acontece ao mesmo tempo pela prática e pela teoria, e por isso que um pós-graduando pode “ser tão sabido quanto” seu pesquisador-professor, sendo a materialização disso uma questão de tempo e/ou de posição hierárquica (caso venha a tornar-se professor). Não por acaso existem unidades laboratoriais que dependem totalmente de bolsistas, de modo que quando um “vai embora”, “deixa um professor na mão”. Igualmente, o fato de um técnico “tornar-se tão sabido quanto” um pós-graduando ou um professor-pesquisador, dependerá da experiência acumulada teórica e prática ou da posição hierárquica.

Talvez esse processo assemelhe-se ao saber ou conhecimento tácito analisado por Bianchetti (2001), pois, na base científica laboratorial, os conhecimentos tácitos existentes têm como ponto de partida os saberes formalizados, prescritos, mas que são aprofundados e desenvolvidos como maestria pelo trabalho presente: pela interação

⁸⁵ Isto ocorre, por exemplo, no tipo específico de automação de “processo”, como o que se concretiza nas indústrias siderúrgica e química, onde a intervenção humana se dá pela “supervisão” dos equipamentos e controle, e não mais por operadores diretos.

social, pelo compartilhamento de ideias, experiências e habilidades, o que foi evidenciado na pesquisa de Leite (2007) e denominado “conhecimento científico não estruturado”, por possuir subjacente a comunicação informal.

O trabalho presente, assim, se expressa como resultado ao mesmo tempo individual e coletivo, pois pautado no *general intellect* e efetivado nas relações diretas dos homens entre si para com o produzir/descobrir o conhecimento e os próprios equipamentos/aparelhos/instrumentos/insumos.

É o exemplo dos manuais dos microscópios que, na prática, se demonstraram inúteis à sua operação, no sentido de que somente mostravam o que era cada componente, etc., mas que não ensinavam a operá-los. Somente a partir de um curso (uma explicação prática) ministrado(a) pelo vendedor do fabricante e, da prática cotidiana, das teorias e interações entre os próprios servidores técnicos e destes para com outros profissionais experientes (professores-pesquisadores, técnicos da UFSC e/ou de outras instituições) é que os servidores técnicos foram adquirindo mais domínio sobre o uso e operação dos equipamentos, principalmente durante o processo de análise das amostras, inclusive elaborando manuais “práticos” de instruções de procedimentos operacionais padrão. Nesse sentido, foi comum ouvir de pós-graduandos que frequentavam bastante o local à época da pesquisa de campo, que os servidores técnicos “aprenderam muita coisa na raça”, uma alusão a um processo de troca recíproca e autoeducação que lembrou a concepção de Freire exposta na famosa frase “ninguém educa ninguém, ninguém se educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo” (FREIRE, 1987, p. 39) e pelo desenvolvimento da “experiência empírica”, valendo-se em muitas situações do uso do método heurístico de tentativa e erro.

Frente a isto, fica evidente que a base científica laboratorial não implica uma forma de trabalho que homogeniza a intelectualização, que é pautada no esforço de objetivação, expropriação, despersonalização e padronização dos gestos e atitudes, na apropriação e sistematização do conhecimento tácito do trabalhador.

De fato, o processo da produção do conhecimento mostra-se eminentemente social, não dependendo tanto dos indivíduos quanto do intercâmbio de informações e conhecimentos. E isto remete no tempo para uma equiparação de conhecimento entre os que contribuem para a produção do conhecimento, seja pesquisadores ou pessoal de apoio. Por outro lado, esse processo social é que permite a experiência acumulada individualmente, dando a impressão de que o processo depende de

“indivíduos”.

Contudo, viu-se também que a posição hierárquica social influi no processo da produção do conhecimento: como uma limitação que é de difícil transposição, uma vez que, além das posições hierárquicas, está afeta às normas e institucionalidades da universidade, nas quais ainda predomina uma clara divisão formal do trabalho.

A título de exemplo, os servidores técnicos do LCME, mesmo tendo conseguido doutorar-se recentemente, não poderão ser coordenadores de pesquisas. Na prática poderiam, dada a sua qualificação técnico-institucional, porém continuará sendo necessário o “nome” de um professor para responsabilizar-se pelo projeto. Isso possivelmente também aplica-se a outros locais dentro do campus, embora a escolaridade dos servidores técnicos da UFSC tenha aumentado muito (UFSC-PROPLAN, 2012).

Isso tudo mostra o quanto a produção do conhecimento “não pertence a alguém ou a alguma categoria profissional específica”, por mais que isso apareça como relevante, pois, de fato, é produzido pelo *general intellect*, o que também é ratificado no processo de cooperação que ali acontece.

Verifica-se, assim, num segundo momento, que o ser social, o humano, está expressado/materializado nos equipamentos, aparelhos, instrumentos e insumos⁸⁶, os quais remetem efetivamente para aquilo que é, para a essência do processo: a produção humana como produção social, cooperativa e que está para além de uma simples vigília sobre o processo, do conhecimento das salas de aulas, apostilas/manuais, cursos, das salas do LCME, dos programas de pós-graduação, dos grupos de pesquisa, das unidades laboratoriais, do ambiente da UFSC como instituição.

Isso foi verificado tanto nos processos de preparação de amostras quanto de elaboração/análise das pesquisas, os quais indicam que os servidores técnicos participam do processo, não porque auxiliam a preparação de amostra e/ou operam equipamentos/aparelhos (sendo que já aconteceram algumas vezes de prepararem amostras e inclusive analisá-las), mas porque contribuem teórica e praticamente para suprir dúvidas inerentes ao processo da produção do conhecimento, mesmo que isso não seja sua atribuição.

Isoladamente, portanto, é, num primeiro momento e

⁸⁶ Bianchetti (2001), a partir da observação e da constatação de tanto “conhecimento humano objetivado em *hards e softwares*”, utilizou um neologismo: “a crescente **antropormofização** dos equipamentos”. Isto é, os equipamentos acabam assumindo mais e mais ‘feições’ humanas, conforme Rebecchi (1987).

aparentemente, objetivo, mas, num segundo momento e essencialmente, um coletivo de homens que cooperam objetivamente, no sentido de que, uma vez produzida a inscrição, que contém os indicadores diretos das substâncias e as imagens que constituem o objeto de estudo - o dado “objetivo” -, os homens se unem para descobrir os conceitos ou as teorias particulares, como se já estivessem prontas na natureza, aguardando para serem reveladas. Nesse sentido:

Quando a cadeia de operações está organizada como uma série de atividades de rotina, pode-se contemplar plenamente os dados novos, [por exemplo] abstraindo-se que a imunologia, a física atômica, as estatísticas e a eletrônica presidiram sua obtenção. A partir do momento em que as folhas estão sobre as mesas de trabalho, podem-se ocultar as várias semanas de esforços que esses resultados custaram para os técnicos e as centenas de dólares investidos na produção. Uma vez que os artigos estão escritos e que o resultado essencial deu origem a um novo inscridor, nada melhor do que esquecer que a produção do artigo depende de fatores materiais. A bancada é relegada a segundo plano, chega-se a negligenciar a existência dos laboratórios. Esta é a hora das “idéias”, das “teorias” e das “razões”. Parece que os inscridores são mais valorizados quanto mais suave tornam a transição do trabalho manual às idéias. O ambiente material tem, portanto, uma dupla característica: ele é o que torna possível os fenômenos e é dele que se deve facilmente esquecer. Sem ele, não se poderia dizer que um objeto do laboratório existe. E, no entanto, ele só é mencionado muito raramente. É este [o] paradoxo, traço essencial da ciência (LATOURET, WOOLGAR, 1997, p. 67).

À luz desta citação foi observado que os servidores técnicos do LCME, sendo responsáveis pela organização e implementação da cadeia de rotinas dos equipamentos, permitem aos ‘usuários’ a contemplação/análise plena das imagens visualizadas, isto é, o que deve ou não ser ignorado ou “fotografado”, mesmo que - conforme relatos dos servidores técnicos - já tenha acontecido de os próprios pós-graduandos nem saberem o que estão procurando, demonstrando

“despreparo em relação ao seu objeto, que deveria ter sido estudado previamente”.

De posse de suas novas informações, os usuários retornam aos seus laboratórios de origem, onde possivelmente trocam informações e impressões analíticas sobre estas. Teses, dissertações e artigos serão, assim, produzidos, trazendo os resultados obtidos.

Porém, em geral, o longo processo de sua elaboração, medida pela dedicação tanto dos usuários como dos servidores técnicos, os milhares de reais investidos para essa produção com o uso dos equipamentos, aparelhos, instrumentos, insumo e até mesmo viagens, dentre outros, são esquecidos. A primazia está com o produto. O processo é secundarizado, quando não olvidado⁸⁷.

4.2 Segunda expressão de intercâmbio: cooperação e *general intellect*

No segundo modo de interação é que se percebe claramente a ação humana viva, trabalho presente. Esse segundo modo é o conjunto dos vários equipamentos, somados os variados aparelhos, instrumentos e insumos, acrescidas as habilidades dos homens vivos para, teleologicamente, observarem/decomporem a matéria em nível nanométrico, remetendo sempre relações para além do *em si* e *para si*, constituindo uma produção de base científica laboratorial, assentada em habilidades de pensamento, de concepção.

O LCME é, assim, representativo de uma **nova forma de produção da vida dos homens, embora não constitua um novo modo de produção**. Não são isoladamente os seus equipamentos, aparelhos, instrumentos e insumos que, como elemento fundante, a constituiram, mas a existência destes, inclusive aqueles pertencentes a outros laboratórios, conjuntamente com as atuantes habilidades dos homens pensantes do LCME e de outros laboratórios. Igualmente, não são as habilidades de professores-pesquisadores, pós-graduandos ou servidores técnicos, de acordo com a forma burguesa de ser e produzir conhecimento, mas o *general intellect* materializado também nos homens.

Foram Latour e Woolgar (1997) que afirmaram ser evidente que alguns equipamentos/aparelhos têm um papel mais importante do que

⁸⁷ Esse esquecimento acontece frequentemente nos artigos, mas não tanto nas teses e dissertações, quando comumente se exige uma descrição sobre métodos e procedimentos, cujo nível de detalhamento parece estar vinculado à especificidade de cada área.

outros no processo de pesquisa. Isso distingue, por exemplo, as variadas unidades de laboratórios dentro da UFSC. Porém, o vigor de um laboratório, para o autor, não está tanto na posse deste ou daquele aparelho⁸⁸, mas na presença de uma configuração particular de aparelhos especificamente concebidos para responder a uma necessidade bem definida.

Assim, por exemplo, para o autor, a presença de centrifugadores e evaporadores rotativos permite deduzir que a pesquisa é no campo da biologia, sem indicar, porém, em qual subcampo:

[É] pela presença de biotestes, de imunotestes, de radioimunotestes, de Colônias de *Sephadex* e de toda uma gama de espectrômetros que se reconhece a marca da neuroendocrinologia. Em um mesmo lugar, encontra-se reunida toda uma série de inscritesores utilizados de formas muito variadas para estudar diferentes subáreas. O espectrômetro de massa, por exemplo, serve para produzir artigos sobre a estrutura de uma substância; as culturas de células servem para estudar a síntese do ADN na biossíntese dessas mesmas substâncias (LATOURE, WOOLGAR, 1997, p. 62-63).

No caso do LCME, não fosse pelas placas indicativas nas portas, um leigo desatento concluiria que as duas salas de preparação de amostras são iguais. Uma atenção aparente revela apenas que a sala de amostras biológicas é menor do que a sala de preparação de amostras materiais e que há algumas diferenças (de aparelhos, instrumentos e insumos). Somente por meio da pesquisa para além da aparência, é que essas diferenças se mostram essenciais e que as duas salas evidenciam um papel fundamental, tanto quanto os equipamentos.

Percebe-se que é evidente a importância da configuração do aparato técnico-físico de um laboratório, como explicam Latour e Woolgar (1997). Mas, igualmente, há que se considerar as habilidades

⁸⁸ Apesar de a aparência remeter a isso, como um resultado da competição e da consequente e contraditória dificuldade burguesa para o intercâmbio e avanço do conhecimento. Durante a pesquisa de campo, mas também remetendo à uma ida à Unicamp, em 2005, não foi estranho ouvir da existência de brigas/richas entre professores de um mesmo departamento e/ou entre departamentos, no sentido de que se um departamento possui determinado equipamento, dificilmente outro departamento fará uso deste, sendo mais fácil um professor ir para outras cidades usar o equipamento de que necessita. Por isso, as iniciativas de laboratórios multiusuários, a exemplo do LCME, são uma tendência imposta pelo processo de produção do conhecimento, pois a centralização dos equipamentos permite que todos façam uso do mesmo.

previamente requeridas/necessárias como elementos que irão caracterizar os diferentes laboratórios. Isso foi visto no LCME, onde cada um dos servidores técnicos possui mais conhecimento e domínio a respeito não somente de certos microscópios, mas também dos aparelhos e instrumentos de cada uma das salas de preparação de amostras. É esperado, por exemplo, que o técnico de formação em biologia saiba mais sobre amostras biológicas e dos aparelhos específicos de sua preparação, e que o técnico de formação em física domine os conhecimentos afins à sua área.

Mesmo porque, de fato, a cooperação – no caso, interdisciplinar - entre os homens na produção de base científica laboratorial não ocorre sob a forma de combinação dos variados componentes de um único sistema de máquina-ferramenta-automática parcial complementar, tal como acontecia na grande indústria moderna do século XIX⁸⁹, em que as máquinas controlavam os homens, predominantemente ao controle destes sobre elas.⁹⁰

A cooperação numa produção de base científica laboratorial, especialmente num laboratório multiusuário, tal como o LCME, acontece sob a forma da combinação dos variados sistemas que integram um equipamento, cujo diferencial é uma *máquina ferramenta de precisão eletrônica*. Isso supõe a existência prévia de variados equipamentos evidentemente e de seus pressupostos, os aparelhos de preparação de amostras, instrumentos, insumos, conjuntamente com a ação humana e todas as suas habilidades requeridas, elementos fundamentalmente provenientes do entrelaçamento histórico e presente do conhecimento, advindos de variados domínios científicos.

São elementos que se transformam em órgãos adequados de uma função especial (por exemplo, o estudo do concreto, polímeros, nanoplata, etc.), mas que sempre remetem ontologicamente a relações para além de si mesmos e dessa função especial. Outrossim, os homens

⁸⁹ Aludido pelo filme *Tempos Modernos*, de Chaplin.

⁹⁰ A respeito do controle das máquinas sobre os homens, remetemos o tema a Marx: “quando a divisão do trabalho reaparece na fábrica automática, ela é antes de tudo distribuição de trabalhadores pelas diferentes máquinas especializadas, e das massas de trabalhadores, que não formam grupos específicos, pelas seções da fábrica, em cada uma das quais trabalham em máquinas da mesma espécie, juntas umas das outras, em regime portanto de cooperação simples”. Há conexão entre o trabalhador principal e seus poucos auxiliares. “A distinção essencial ocorre entre trabalhadores que estão realmente ocupados com as máquinas-ferramenta (inclusive alguns trabalhadores que tomam conta da máquina motriz e a alimentam) e seus auxiliares [...]. Entre os auxiliares podem ser incluídos os que alimentam a máquina com o material a ser trabalhado”. Ao lado dessas duas classes principais, é que haveria o pessoal da ciência (MARX, 1996, p.480-481).

aparecem como controladores dos equipamentos e aparelhos, bem como do processo por inteiro. No caso dos servidores técnicos do LCME é uma imposição ou exigência do processo que saibam um pouco de tudo aquilo que está sendo analisado, mesmo que não sendo de seu domínio (de suas áreas específicas).

Foi visualizado no LCME que a produção de base científica laboratorial reproduz dois elementos que na indústria moderna emergiram como pressupostos, porém, coloca-os como condições já postas/dadas, quais sejam: de um lado, a substituição do homem por forças naturais, e, conseqüentemente, da rotina empírica pela aplicação consciente da ciência no processo produtivo; por outro, o funcionamento do processo mecanizado somente por meio de trabalho diretamente coletivizado (AUED, 2005).

Para a produção de base científica laboratorial esses elementos já são postos/dados, ao passo que sua mediação em relação à grande indústria hoje é de intensificação de ambos. Claro que a própria grande indústria, de modo geral, forneceu à produção de base científica laboratorial a base original da divisão e organização do trabalho, bem como outras características.⁹¹ Entretanto, se verifica imediatamente duas diferenças essenciais.

A primeira diferença é que na produção de base científica laboratorial propriamente dita, não há como se falar em “substituição do homem” e subsunção formal e real ao capital, porque elementos historicamente já colocados pelas formas da manufatura capitalista e da grande indústria moderna. Segundo Fausto (2002), o homem “volta a aparecer” como essencial ao processo, controlando as forças tanto naturais e aquelas por ele criadas, ao invés de ser controlado por estas forças. E a análise objetiva dos processos parciais igualmente já está dada, uma vez que materializada nos equipamentos e aparelhos. No entanto, o autor estuda, com base nos *Grundrisse* (MARX, 1989), o que seria o desenvolvimento de uma terceira possível forma de subsunção ao capital: a subsunção ‘formal-intelectual’.

Alguma alusão aparente àquele pessoal da grande indústria moderna de outrora, e sobre o qual Marx escreveu no século XIX, pode ser feita em relação à base científica laboratorial:

(...) Um pessoal pouco numeroso, que se ocupa com o controle de toda a maquinaria e a repara continuamente, como os engenheiros, mecânicos,

⁹¹ Cf. p.413-414 de *O Capital*, livro I, v.1 (MARX, 1996).

marceneiros, etc. **É uma classe de trabalhadores de nível superior, uns possuindo formação científica, outros dominando um ofício; distinguem-se dos trabalhadores da fábrica, estando apenas agregados a eles. Sua divisão de trabalho é puramente técnica** (grifos nossos) (MARX, 1996, p. 480-481).

Contudo, a diferença é essencialmente gritante. Atualmente, o pessoal de laboratório é o principal núcleo de uma fábrica e o processo laboratorial está consolidado como relacionado ao objeto em si (e não ao instrumento), ou seja, aos elementos mais simples da matéria, sendo levado a cabo não apenas pela aplicação consciente da ciência no processo produtivo, mas pelo *general intellect*, empiricamente verificável.

Isso muda a descrição aparente feita inicialmente pela pesquisa, pois a) a importância dada aos equipamentos precisa ser dividida com as salas de preparação de amostras, b) o número de trabalhadores é reduzido em relação a fases anteriores, e c) nem de longe sua ocupação é de ‘controle e reparo’ dos equipamentos e aparelhos. Há engenheiros, físicos e biólogos, mas sua formação de nível superior extrapola seu campo original de conhecimento. Finalmente, esse tipo de laboratório, acadêmico, não está agregado à indústria alguma, sendo ao contrário, a indústria é que busca agregar-se a ele.

A segunda diferença é que historicamente, na produção automatizada da grande indústria, desaparece o princípio subjetivo da divisão do trabalho, porque o processo por inteiro é em si mesmo examinado em suas fases componentes objetivamente e o problema de levar a cabo cada um dos processos parciais e de entrelaçá-los era resolvido com a aplicação técnica da mecânica, da química, da física, dentre outras áreas (MARX, 1996, p. 433-434). Onde o caráter cooperativo do processo de trabalho da grande indústria moderna do século XIX ser, sob as condições burguesas, uma necessidade técnica imposta em função da natureza do próprio instrumental de trabalho e não em função da “idéia dos homens” (*Op.cit.*, p. 20-21) ou da Ciência.

Por isso, parece, na grande indústria moderna, que não há *general intellect* e sim “idéias de alguns homens geniais”, quando, de fato, já estava expressado como universalidade objetivada, porque seu pressuposto é a decomposição da subjetividade do trabalhador coletivo manufatureiro, cujo resultado foi a sua objetivação na máquina. Em função de o *general intellect* já estar objetivado, exteriorizado, porém

como instrumento de trabalho, a ciência aparece como externa à produção material, como “coisa da cabeça dos homens”, descolada da materialidade, e a força universal pensante aparece como alheio ao domínio objetivo do capital.

Já na produção de base científica laboratorial, o processo de produção depende de uma materialidade distinta, que é não somente objetivada como instrumentos de produção, como aqui mostrado, mas essencialmente como objeto com o qual se trabalha. Historicamente isso se deu a partir da decomposição das próprias partes componentes da máquina (que é a subjetividade do trabalhador coletivo objetivada) em suas funções de motor e transmissão, desenvolvendo-se uma máquina ferramenta de precisão eletrônica e chegando-se aos elementos mais simples da matéria.

Ou seja, têm-se dois movimentos históricos de negação: a máquina como objetivação e negação da subjetividade do trabalhador coletivo, e os equipamentos e aparelhos da base científica laboratorial como objetivação e negação do primeiro, ou seja, da máquina.

Portanto, o caráter geral material do processo se expressa no e pelo *general intellect* como força universal pensante, porque seus processos “parciais”⁹² (ou suas diferentes etapas) já são examinado(a)s objetivamente em si mesmo (algo que foi colocado historicamente pela máquina da grande indústria moderna), revelando que a universalidade como objetivação se exprime não somente nos equipamentos e aparelhos, mas fundamental, em termos materiais, no homem pensante, teleologicamente posto.

O exame objetivo dos processos parciais a respeito do objeto sobre o qual se trabalha é uma prerrogativa da máquina da grande indústria moderna, mas que a base científica se apropriou e reproduziu. O que essa nova base revela como novo é a apropriação do objeto pelo *general intellect*, na medida em que seu fundamento demonstra ser a decomposição e recomposição do próprio objeto sobre o qual se trabalha, tendo por pressuposto o exame objetivo dos processos parciais da grande indústria moderna. Em outras palavras, trata-se da decomposição e recombinação dos elementos mais simples integrantes ao objeto como atos humanos para além do ‘natural’.

Somente nesse sentido, o *general intellect*, posto pela produção de base científica laboratorial é pura ação humana intelectual, consciente e objetivamente posta, porque tem por pressuposto a decomposição da

⁹² Na verdade, na base científica laboratorial, cada um dos processos realizados em separado são processos totais, mas que são levados a cabo e interligados pelo *general intellect*.

subjetividade do trabalhador coletivo que está materializada na máquina, cujo resultado foi a vasta gama de equipamentos e aparelhos de laboratório que hoje decompõem a matéria teleológica e conscientemente (e não ao acaso), **mas cujo resultado depende do homem pensante**. Nisso consiste o caráter revolucionário ou salto ontológico do processo de produzir.

Em simples palavras, retirem-se ou reduzam-se os servidores técnicos do LCME e não haverá produção à altura do potencial ali objetivado como trabalho passado. Os equipamentos e aparelhos não funcionarão sozinhos e nem as análises sairão automaticamente nas telas dos computadores. Serão precisos meses para que os novatos adquiram a experiência acumulada de seus antecessores, substituindo-os à altura, sendo que a demanda pelos recursos do LCME é crescente. Ao mesmo tempo, revela-se que mesmo substituindo os servidores técnicos, os procedimentos estão definidos na decomposição e recombinação de elementos simples.

Ao contrário, no LCME são necessárias mais pessoas da área técnica e especialmente da área de apoio administrativo para que os servidores técnicos possam se dedicar melhor àquilo para o que foram contratados, para que o potencial do LCME seja utilizado.

Inclusive, observou-se que cursos práticos constantes de capacitação são essenciais para aproveitar a potencialidade dos equipamentos. No entanto, estes não acontecem sistematicamente e como proposição da universidade, senão ocasionalmente, por meio dos próprios cursos de pós-graduação, cursos ministrados no LCME por professores, ou quando algum técnico insiste muito em fazer algum curso etc. A barreira à realização de algum treinamento externo à universidade parece ser o baixo número de servidores técnicos no LCME e por consequência o acúmulo de atividades que aconteceria, o prejuízo ao atendimento da demanda universitária. Não obstante, em qualquer laboratório:

A busca permanente da qualidade total nas atividades científicas remete à necessidade de treinamento, aquisição e domínio de conhecimentos para a execução das atividades com vistas a assegurar a precisão, a validade, a qualidade dos resultados e a manutenção da integridade das pessoas, das instalações, das máquinas, dos instrumentos e dos equipamentos (MOLINARO, CAPPUTO, AMENDOEIRA, 2009, p. 39).

Portanto, mesmo pelo aspecto da valorização do trabalho presente pela égide do capital, o homem pensante é fundamental ao processo.

Assim, esse processo aparece inicialmente como “objetivo”, no sentido de “construído” pelos equipamentos e aparelhos, em que reside a construção de uma realidade como se fosse uma “entidade objetiva”, donde o resguardo e valorização do trabalho passado:

A forma pela qual os inscritesores são utilizados no laboratório distingue-se por um traço essencial: uma vez que se dispõe do produto final - a inscrição -, rapidamente é esquecido o conjunto das etapas intermediárias que tornaram possível sua produção. A atenção concentra-se sobre os esquemas ou figuras, enquanto são esquecidos os procedimentos materiais que lhes deram nascimento, ou melhor, há um acordo para relegá-los ao domínio da pura técnica. Desse modo, acaba-se, em primeiro lugar, por considerar as inscrições como indicadores diretos da substância que constitui o objeto de estudo. Em aparelhos como o analisador automático, a própria substância parece inscrever sua assinatura (LATOUR, WOOLGAR 1997, p. 60).

No entanto, trata-se da aparência do processo de produção, pois, em essência, a validação do conhecimento que hoje é comumente repetido e facilmente observado, forjou-se outrora, mediante o intercâmbio de informações e conhecimentos entre os diretamente envolvidos na pesquisa científica, isto é, pelo trabalho presente. Conforme Latour e Woolgar (1997):

Em seguida, desenvolve-se a tendência contrária, ou seja, a de pensar as idéias, os conceitos ou as teorias particulares em termos de confirmação, de refutação de prova pró ou de prova contra. Assiste-se então à transformação daquilo que não passa de um simples resultado de uma inscrição em um objeto que adere à mitologia em vigor. Essa transformação esclarece-nos sobre as atividades dos atores (LATOUR, WOOLGAR 1997, p. 60).

Por outro lado, cabe salientar que esse salto ontológico só é possível porque tanto os equipamentos como os aparelhos e instrumentos já são a objetivação de um intercâmbio que se exprime interdisciplinar, de uma cooperação universal caracterizada por uma interdisciplinaridade. Do mesmo modo as habilidades humanas requeridas e adquiridas com o preparo das amostras e as análises empreendidas, as quais estão para além do espaço do LCME e não são somente no sentido de retornar aos laboratórios de origem, mas de remeter a outros laboratórios e/ou outros campos de conhecimento.

Observando amplamente, a necessidade final, o conhecimento, é produzida/o por um aparato técnico e habilidades que dependem não somente da própria produção de base científica laboratorial imediata, isto é, do LCME, das próprias e demais unidades laboratoriais da universidade e externas a esta. Entretanto, materialmente, e ao mesmo tempo, depende de outros domínios da ciência, cujo conhecimento foi acumulado e está em curso, residindo aí o caráter social *de sua condição e existência*. Isso acaba por remeter, evidentemente, para outros laboratórios e espaços, devido aos equipamentos e aparelhos, mas também em função do elemento humano ‘vivo’ requerido.

Verifica-se que, seja pelo trabalho passado, seja pelo trabalho presente, “o interdisciplinar está se estabelecendo, hoje, não porque os homens decidiram, mas sim pela pressão, pelas necessidades colocadas pela materialidade do momento histórico” (JANTSCH, BIANCHETTI, 2011b, p. 176).

Por isso, os próprios servidores técnicos do LCME são parte ativa no processo variado da análise dos resultados. Acontece de ocasionalmente auxiliarem na preparação das amostras e pesquisarem na *internet* para auxiliar o que exatamente será analisado – mesmo isso não sendo sua responsabilidade ou função. E principalmente quando a pesquisa dos usuários envolve o uso dos caros e sensíveis equipamentos e aparelhos, para o que os servidores técnicos são necessários.

Independentemente do grau de escolaridade (visto anteriormente no Quadro 2), no processo é comum a troca prévia e constante, o intercâmbio de informações e conhecimentos entre servidores técnicos, pós-graduandos e pesquisadores-professores a respeito do que se quer analisar/observar, ou seja, antes, durante e posteriormente ao processo da preparação da amostra e de sua observação num microscópio.

Assim, os homens “vão fazendo a transformação geral” a partir de cada equipamento, aparelho, instrumento, insumo e a habilidade requerida, manipulando-os como se fossem operações parciais, segundo a função específica a que cada um desses elementos se destina dentro do

laboratório e conforme o intercâmbio de informações e conhecimentos: viu-se que, em si, essas operações ‘parciais’ são ‘objetivas’ e expressam o processo social de produção, sendo totalmente dosadas ou dependentes em relação ao elemento humano vivo. No entanto, de fato são operações totais cujo entrelaçamento é materializado no/pelo *general intellect*.

Portanto, posto o conjunto do aparato técnico e das habilidades requeridas à necessidade final da produção, os homens como seres sociais pensantes operam uma transformação final que é eminentemente coletiva, em que reina o princípio objetivo e o processo social de produção pautado pelo *general intellect*, sendo que os servidores técnicos do LCME fazem parte dela.

No entanto, a burguesa divisão e organização do trabalho herdada da grande indústria moderna e adequada à realidade das instituições de ensino, qual seja, entre ‘os que pensam’ e ‘os que executam sem pensar’ impõe que não. Nesse sentido, a hierarquia do conhecimento está determinada pela tríade professores, alunos e técnicos, impondo que somente as duas primeiras categorias estão envolvidos na atividade-fim, a produção do conhecimento, enquanto que a última está relegada às atividades-meio. Talvez por isso, por algumas vezes, foram observados tratamentos de desrespeito e menosprezo sobre os servidores técnicos, tanto de professores como de alunos, tal como se “empregados” fossem e/ou como se o que fizessem não fosse atividade fim, ou seja, produção de conhecimento, estando ali apenas para servir/subsidiar ‘os que pensam’. Embora não seja a regra, o impacto negativo disso sobre os servidores técnicos em relação ao seu trabalho é visível, haja vista o alto nível de escolaridade das partes envolvidas.

Nesse sentido, evidencia-se na presente tese que os servidores técnicos do LCME integram o *general intellect*.

4.3 Terceira expressão de intercâmbio: alienação e ser social

Viu-se nos dois itens anteriores, respectivamente, que mesmo tratado isoladamente, o processo de produção do conhecimento nanocientífico remete para além de si, manifestando-se objetivo e interdisciplinar, e que tratado socialmente é materialmente cooperativo. Isso, porque depende de condições gerais determinadas, vistas anteriormente.⁹³

⁹³ Essas condições são duas: a) objetivas imediatas e mediatas, bem como de homens que operam os equipamentos e aparelhos, instrumentos e insumos. Especificamente são as do

Assim, pela alienação, o homem, ao reproduzir a substituição dele mesmo por forças naturais e por um processo que só funciona por meio do trabalho comum - predominantemente intelectual - engendra uma base produtiva de sua existência cujo caráter cooperativo do processo de conhecimento, em função da natureza do próprio aparato (voltado à análise/decomposição e recomposição do objeto), é uma necessidade técnica das idéias dos homens pensantes, teleologicamente postos.

Essa necessidade, segundo Aued (2005a) se dá pela própria utilização do trabalho passado como condição posta da produção da vida em dimensão superior às legadas pelas gerações presentes.

E, de fato, na produção de base científica laboratorial, o ponto de partida como frisado é o objeto com o qual se trabalha e não os instrumentos de trabalho tal como na grande indústria. Somente neste tipo de produção a observação/decomposição e recomposição em escala nanométrica/atômica do objeto, esse conhecimento da matéria como condição social da produção, se coloca como necessidade socialmente imposta e não mera casualidade.

Aparentemente, na produção de base científica laboratorial, os homens “reaparecem” - para Fausto (2002) - como essenciais ao processo tal como tinham sido importantes na manufatura, pois haviam sido transformados, na grande indústria, em apêndice do sistema de maquinaria.

Entretanto, agora, o processo é levado a cabo pelo *general intellect*, isto é, como determinação social da produção material que se expressa como conhecimento da constituição da matéria e homem pensante.⁹⁴ Por isso, é estranho pensar em termos de “reaparecimento” dos homens, como estuda Fausto (2002). Porque, de fato,

LCME e da UFSC como instituição, e que se relacionam entre si, mediados pelas relações sociais advindas da produção do conhecimento nanocientífico como égide do capital e desenvolvimento do ser social. Inicialmente, esses homens são exclusivamente os técnicos do LCME, porque tratam-se de equipamentos e aparelhos caros e sensíveis ao uso de muitas pessoas. Exceções acontecem quando um professor-pesquisador ou pós-graduando possui domínio sobre os equipamentos igual ou maior ao dos técnicos do LCME. No tocante aos instrumentos e insumos, são operados por todos, usuários e técnicos. b) coletivas, de homens que se unem para operar objetivamente por meio do pensamento, o que é dado pelas variadas áreas da ciência. O intercâmbio e a troca de informações dos homens entre si, mesmo que divididos em “professores, alunos e técnicos”, é parte indispensável ao processo, denotando o seu caráter intrinsecamente interdisciplinar. Há separação entre “os que pensam” e “os que executam”, mas sob a ótica do processo da produção, tende a ser superada.

⁹⁴ Quando as máquinas e o sistema de máquinas tornam-se inteligentes, “esses conhecimentos que se encontram dentro das cabeças dos trabalhadores e em parte nas próprias máquinas são distribuições descentralizadas de um todo altamente complexo de saberes científicos, tecnológicos e produtivos que Marx chama de intelecto geral” (PRADO, 2003, p.123).

historicamente, na grande indústria o *general intellect* também era posto pela determinação social da produção material, mas predominantemente como desenvolvimento da objetivação das máquinas (o instrumental de trabalho) - e não como desenvolvimento a partir do objeto sobre o qual se trabalha -, principalmente no tocante ao desenvolvimento dos meios de transmissão e motor, dos conhecimentos clássicos de física, química etc. Porque a grande indústria é em si a objetivação da subjetividade do trabalhador manufatureiro. Essa determinação era essencialmente moldar ou transformar exteriormente o objeto, eficiência que prescindia da necessidade de conhecimento da constituição da matéria. Nesse sentido é que o laboratório de então estava limitado pela grande indústria (CAMPANA, 2006).

Por que a eficiência da transformação, na grande indústria, pôde prescindir do conhecimento da constituição da matéria? Porque esse tipo de conhecimento não é determinado pelo espaço da grande indústria, mas pela produção de base científica laboratorial. Veja-se que mesmo o laboratório agregado à grande indústria, sendo submetido ao seu interesse de eficientizar os meios de transmissão e motor, levou à produção de fenômenos que jamais a grande indústria moderna poderia solucionar. Desta forma é que atualmente é a grande indústria que depende inteira e predominantemente da produção de base científica laboratorial, no sentido de que procura desenvolver ao máximo seus próprios laboratórios de P&D, e/ou desenvolver e/ou apropriar-se desses conhecimentos junto a Universidades e Institutos de Pesquisa, inclusive imprimindo sua lógica de produção a esses espaços⁹⁵.

Na produção de base científica laboratorial, para além de expulsar os trabalhadores do processo de produção e encurtar a parte do dia de trabalho da qual o trabalhador precisa para si mesmo, o ser social indica ter engendrado o pressuposto material de superação dessa própria alienação ao criar “a máquina ferramenta de precisão eletrônica que observa/decompõe” partículas em escala nanométrica na forma dos microscópios eletrônicas e seus aparelhos. Veja-se que o homem aqui não é, de modo algum, o homem expulso da grande indústria moderna. Suas prerrogativas e habilidades são outras, totalmente distintas.

Porque o material orgânico do ser social, como corpo do homem,

⁹⁵ A tecnologia relacionada aos conhecimentos nanocientíficos, chamada de nanotecnologia, “só existe em laboratórios e indústrias com equipamentos de alta precisão, afinal, são necessárias máquinas muito precisas para trabalhar com componentes tão pequenos, os quais são invisíveis aos nossos olhos” (JORDÃO, 2009, p.1).

é o mesmo da natureza.⁹⁶ Cabe enfatizar que o ser social a partir dessa produção de base científica laboratorial exalta que a unidade do ser social é um composto da relação homem-homem (H-H), a partir da qual se efetuam as relações homem-natureza (H-N) e natureza-homem (N-H), porque o homem é um ser natural, mas nunca em si, somente como tempo da relação homem-homem (H-H) (FIGUEIRA, 1987, TORRIGLIA, 1999). O homem é ser genérico somente no sentido de que constitui teológica e permanentemente a “comunidade”, sua natureza orgânica, por assim dizer (a relação dos homens entre si). Somente assim, é considerado como espécie real, existente, de fato, viva, como um ser universal e, em consequência, livre (MARX, 2004).⁹⁷

Quanto a isso, a partir da observação no LCME, foi verificado que não apenas as pesquisas lá empreendidas visam alterar a natureza externa ao homem, mas a própria natureza do homem, sendo um processo empreendido social e coletivamente para além de seu espaço imediato. Dessa forma é que investigadores da Universidade de Purdue, no estado de Indiana (EUA), descobriram uma nova abordagem para reparar fibras nervosas danificadas na medula espinal usando nano esferas que podem ser injetadas diretamente no sangue, logo após um acidente (CIÊNCIA HOJE, 2009). Ou, que o Instituto Nacional de Nanotecnologia, do MCTI, está desenvolvendo nanopartículas de polímeros biocompatíveis que liberam controladamente no pulmão medicamentos contra a tuberculose, biomateriais com porosidade controlada que melhoram a fixação dos implantes cirúrgicos, nanomembranas capazes de reter desde o sal da água do mar até substâncias tóxicas do sangue, dentre outros (AGÊNCIA BRASILEIRA DE NOTÍCIAS, 2009).

O que isso significa em termos da ‘objetivação’, da ‘alienação’ e da ‘apropriação’? Significa considerar essas transformações como elementos ou existências da atividade criativa de homens viventes,

⁹⁶ Em outras palavras, a produção de base científica laboratorial explicita o entendimento marxiano de que o homem “atuando assim sobre a natureza externa e modificando-a, ao mesmo tempo modifica sua própria natureza” (MARX, 1996, p.202). Por outro lado, a construção prática de um mundo objetivo, a manipulação da natureza inorgânica é a afirmação do homem como *ser genérico consciente*, como um ser que considera a espécie o *próprio ser*; é a afirmação da constituição da natureza orgânica do ser social orgânico (MARX, 2004).

⁹⁷ Assim, é de acordo com a relação com outros homens, que é o próprio movimento do corpo orgânico social ou do *ser social*, que os homens se relacionam com o seu corpo inorgânico como natureza. É necessário observar que em todos os tempos da existência humana o trabalho adquire caráter social, pois alguém produz valores de uso para que outros sobrevivam (AUED, 1999) ou, ainda, “desde que os homens, não importando o modo, trabalhem uns para os outros, adquire o trabalho uma forma social” (MARX, 1996, p.80).

historicamente determinados, que efetivam a universalidade humana no momento em que a subtração do trabalho excedente dos assalariados pelos capitalistas constitui “essência” humana (AUED, 2004). Portanto, os nexos, as mediações e as relações advindas da alienação como manufatura e grande indústria capitalistas e como base científica laboratorial são fenômenos do homem se fazendo homem no seu processo dialético de revelar até que ponto o comportamento *natural* do ser humano se tornou *humano* e a essência *humana* tornou-se para ele *natureza* (MARX, 2004).

A tônica do processo é a reprodução do capital, o que significa que a alienação ainda não se resolve por completo, pois os homens ainda não produzem outros homens *em si e para si*, mas ainda como exterioridade que é capital.

Sendo assim, a razão de ser do capital, produzir para acumular-se com a finalidade de produzir mais riqueza, é que impõe à produção a capacidade de gerar riqueza ilimitadamente. Entretanto, quanto mais potencializa a produção da riqueza, mais incorpora trabalho vivo (excedente) em trabalho passado. Nesse sentido, as condições que limitam a produção das coisas para serem vendidas e compradas são rompidas e superadas. É esse processo que permite um salto de qualidade das forças produtivas sociais e que cada vez mais vai rompendo com o invólucro que prende a produção às condições naturais. (AUED, 1999). Nesse processo dialético, os homens cooperam uns com os outros na e pela produção material de sua existência, de conformidade com um plano previamente estabelecido, que no caso burguês é o capital, desfazendo-se “dos limites de sua individualidade para desenvolver a capacidade de sua espécie” (MARX, 1996, p. 378).

Nesse sentido, o homem burguês que nasce com o modo de produção capitalista vai tornando-se (*aufhebung*) homem social de outra qualidade, na medida em que o capital como princípio de ordenamento social da produção faz o trabalho desaparecer como singularidade ao transformá-lo em e desenvolvê-lo como componente do processo de produção.

4.4 Quarta expressão de intercâmbio: cooperação e relações sociais de trabalho no LCME

A partir de cada equipamento e aparelho, os homens observam/decompõem o objeto, fornecendo matéria-prima a outros estudos e equipamentos e/ou aparelhos. O resultado final considera uma

produção que utilizou variados equipamentos, aparelhos, instrumentos, insumos e habilidades humanas, mas que não funcionam de forma simultânea, isto é, de modo que o material a ser observado possa ser encontrado ao mesmo tempo em todas as fases de transição, tal como uma produção taylorista/fordista.

Contudo, a cooperação entre os homens não estabelece proporções quantitativas entre setores especializados, com referência, por exemplo, ao número, tamanho ou velocidade dos equipamentos e aparelhos, mas proporções *qualitativas* referentes à função da equipe, de serem servidores técnicos, que podem ou não estar vinculadas a algum tipo de aparelho. São especificações técnicas, mas também avaliativas de crédito dos indivíduos, ambas socialmente requeridas⁹⁸. Tanto é que todos os servidores técnicos prepararam-se para fazer concurso público, atendendo a uma chamada de conhecimentos mínimos e socialmente requeridos. E, superada essa etapa, cada técnico vem tornando-se mais especialista num equipamento (ou em dois), porém sempre seguindo sua formação requerida no concurso.

Há salas especializadas, mas não se trata da cooperação que impõe uma divisão técnica entre os homens, em função das diferentes áreas do conhecimento, tarefas ou dos equipamentos/aparelhos, senão de uma cooperação que se exprime pela natureza do processo e agregação de áreas do conhecimento, o que se revela espacialmente na existência de: salas de equipamentos (cinco), salas de preparação de amostras (duas) e sala dos servidores técnicos (uma). Ou seja, sob o tamanho e importância, em primeiro lugar estão os equipamentos, onde são observadas e analisadas as amostras; em segundo, os aparelhos, instrumentos e insumos, isto é, as salas onde são preparadas as amostras; em terceiro, a sala dos servidores técnicos (os elementos humanos vivos do processo) que, embora ocupem um único espaço, otimizado por baias, são essenciais aos processos que acontecem nas demais salas.

A função da limpeza desse espaço, apesar de crucial, passa

⁹⁸ “Há uma separação muito clara entre duas zonas do laboratório. Uma está repleta de aparelhos diversos utilizados em diferentes tarefas: corta-se, cose-se, mistura-se, agita-se, marca-se, etc. Outra contém exclusivamente livros, dicionários e artigos, trabalhando-se apenas com material escrito: lê-se, escreve-se, digita-se ao computador. Além disso, os que pertencem à segunda seção, e que não usam jaleco branco, passam longo tempo discutindo com seus colegas, de jaleco branco, da primeira seção. Os “bacharéis” lêem e escrevem sentados à mesa, enquanto os “técnicos”, passam a maior parte do tempo ocupados com os aparelhos” (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.37). Tais proporções qualitativas estão além das fronteiras entre os países: no laboratório em questão, estudado por Latour e Woolgar, é mencionado claramente seis nacionalidades diferentes e quatro tipos de profissionais, de acordo com a função exercida, envolvidos diretamente com a rotina do laboratório.

despercebida, quase invisível, tanto é que foi delegada à terceirização, sendo exercida por uma única pessoa e por isso, provavelmente, não foi projetada uma sala para o “pessoal” da limpeza; há uma salinha improvisada.

Havia na planta baixa original (Anexo 1) duas salas de preparação de amostras (materiais e biológicas), quatro salas de equipamentos, a sala dos servidores técnicos, uma mini cozinha, um mini auditório e uma sala de socialização ou confraternização.

No entanto, muito foi sendo mudado com o ritmo de crescimento canalizado pela reitoria. A sala de socialização foi transformada na sala do Confocal. Quase que a mini cozinha foi perdida para um equipamento, tendo os servidores técnicos que se apropriar desse espaço, equipando-a com utensílios, de modo que no final do corredor do térreo, acabaram por inserir uma divisória e construir uma pequena sala para esse mesmo equipamento. Por fim, a divisória dentro da sala dos servidores técnicos, criando outra pequena sala para o coordenador do LCME, reduziu esse espaço, já otimizado pelo uso de baias individuais, mas ao mesmo tempo essa salinha criada quase nunca é ocupada. Sequer há um armário suficiente para os servidores técnicos guardarem seus pertences (livros, pastas, mochilas, bolsas). E assim é que o espaço do miniauditório também está sendo, aos poucos, alterado em sua função originalmente projetada, pois passou a ser ocupado por estagiários, fato constatado no primeiro semestre de 2013.

Verifica-se que, diante do crescimento demandado com a compra de novos aparelhos e microscópios, e o maior uso por parte da comunidade universitária, a estrutura inicialmente projetada tornou-se pequena, bem como a equipe.

Evidente que alguém que vá ao laboratório numa primeira vez ou mesmo algumas vezes, não achará os espaços ruins, mas ao contrário, e, principalmente, se comparado com outros espaços da Universidade. Inclusive ver-se-á, também, o quanto os servidores técnicos são bem/prontamente atendidos pela reitoria, tendo conquistado o respeito da comunidade por sua competência e dedicação, e o quanto são prontamente solucionadas as questões envolvendo os equipamentos e aparelhos do laboratório em geral.

Contudo, ratifica-se a maior importância dada ao capital como trabalho passado (aos equipamentos, aparelhos e “resultados”, isto é, de quantas microscopias foram feitas, quantos artigos foram publicados utilizando-se os aparatos do LCME, dentre outros aspectos **elucidatidos** de ‘produtivismo’) do que ao elemento ‘vivo’, isto é, ao

trabalho dos servidores técnicos, sujeitos que igualmente contribuem importantemente para a produção do conhecimento - fato este que já está materializado, observando-se a própria distribuição espacial do laboratório (maior espaço para o trabalho morto do que para o trabalho vivo). É uma imposição do capital que seja assim: primazia para o capital como trabalho morto, o qual suga ao máximo o capital como trabalho vivo.

Corroborando isso, a insuficiência de profissionais técnicos e administrativos (bem como a presença de técnicos contratados em condições precárias, os bolsistas pós-doutores) para seguir adiante com a rotina do laboratório tem imposto que os atuais servidores técnicos do LCME façam praticamente de tudo: limpem os microscópios, as bancadas, os instrumentos e aparelhos, solicitem materiais e insumos, atendam telefonemas de assuntos técnicos e administrativos, respondam *e-mails*, leiam projetos submetidos ao LCME, atendam usuários, façam sessões de microscopia, pesquisem na *internet* sobre determinadas pesquisas que estão sendo feitas no Laboratório, ministrem cursos práticos para turmas de graduação, reabasteçam certos equipamentos/aparelhos com matérias primas, preparem relatórios administrativos para a reitoria etc., tudo isso devidamente distribuído e organizado entre os próprios servidores técnicos conforme as prioridades.

E, por isso, essa rotina de problemas variados⁹⁹ que precisam ser encaminhados e resolvidos, bem como, o andamento da atividade fim, que é a análise, em alguns momentos, mostrou-se estressante e cansativa, embora a observação de campo tenha acontecido apenas em meio período por dia.

Os próprios equipamentos demandam dos servidores técnicos do LCME procedimentos de ligação e preparação que duram entre 15 a 25 minutos. Neste sentido, foi observado que:

determinados procedimentos são necessários para que os equipamentos funcionem a contento e os dados por eles fornecidos sejam capazes de expressar a realidade das amostras analisadas. Os equipamentos devem estar em condições de utilização e devem seguir um plano rigoroso de validação, qualificação, calibração e manutenção. As-

⁹⁹ Desde a troca de lâmpadas dentro das salas dos microscópios e o vazamento de água no banheiro até o problema no MEV para detectar o fósforo ou o pedido do nitrogênio líquido, dentre outros.

sim sendo, um sistema que contemple limpeza, inspeção periódica, manutenção preventiva e calibração será relevante e necessário, o que implica, para tal, a utilização de um POP [procedimento operacional padrão] para cada tarefa. Cabe ainda manter no laboratório os registros escritos de operação, calibração, manutenção e demais dados considerados relevantes (MOLINARO, CAPUTO, AMENDOEIRA, 2009, p. 40-41).

Observou-se que após uma única sessão de microscopia, quando são observadas várias amostras e que dura em média mais de três horas, podendo chegar a quatro horas, é possível não se ver/obter o resultado alcançado, tendo o usuário que retornar quantos dias forem necessários para novas sessões, quando os mesmos procedimentos serão repetidos. Mas também, dependendo do tipo da amostra e do objetivo, podem ser requeridas tantas sessões quantas forem necessárias para a caracterização completa do material estudado.

O ritmo da jornada de trabalho dos servidores técnicos, composta também por atividades-meio, é dado pelo ritmo frenético das atividades-fim e da pesquisa universitária, que precisa ao máximo sugar o potencial do trabalho presente por meio do trabalho passado, porque pesquisas precisam ser feitas; análises, empreendidas; resultados, obtidos; teses e dissertações, defendidas e; artigos, publicados.

Ao mesmo tempo, o ritmo dentro do LCME é minucioso, trabalhoso, havendo dificuldade em ver ou obter “frutos imediatos”, ainda mais que é apenas uma das partes das pesquisas que são feitas no Laboratório.

Isso reproduz a situação geral das universidades, revelando que o LCME como singularidade é uma forma e expressão da seguinte universalidade, posta no tempo e no lugar: a universidade-empresa, descrita nas diretrizes do Banco Mundial, em função de uma ‘sociedade do conhecimento’ (DE MARI, 2006, 2008), que tende a transformar seus professores em ‘empresários da pesquisa’ (VELHO, 1996), das características da universidade a partir desse modelo (CHAUÍ, 1999, 2003) e das consequências patológicas do trabalho e psíquicas, respectivamente, à luz de Jacques Dejours¹⁰⁰ e Christopher Lasch, sobre

¹⁰⁰ Segundo Tittoni e Nardi (2008), o campo da psicopatologia do trabalho, conforme Dejours, psiquiatra e psicanalista, tem no sofrimento mental advindo das *vivências subjetivas*, no cotidiano de trabalho, seu objeto de estudo. No entanto, não se trata de associar psicopatologia à doença ou à loucura, mas ao estudo dos mecanismos e processos psíquicos mobilizados pelo sofrimento.

os professores (LIMA, OLIVEIRA, SILVA, 2010) e sobre os servidores técnicos em geral da UFSC (LOCH, 2005), o que no nível da subjetividade pode aparecer como um:

(...) “relógio moral” que nos impulsiona à produtividade e nos pressiona contra a ociosidade, fazendo nos sentir culpados quando nos afastamos da régua do trabalho, principalmente quando nos colocamos no campo da política e procuramos abrir espaço para o “agir livre” (...) (LIMA, OLIVEIRA, SILVA, 2010, p. 240).

Sobre os sentidos do trabalho na instituição pública de ensino superior, Pinto e Silva & Silva Júnior (2010) revelam, a partir de sua pesquisa, que as práticas dentro da universidade tendem a se afirmar como utilitárias, pragmáticas e competitivas, tendo a avaliação e sua naturalização como mediadores da atividade humana, mas ao mesmo tempo fetichizadas como prazer e paixão pelo trabalho científico, já que o que se vê, no entanto, é a indissociação do tempo e espaço pessoais e de trabalho, o sofrimento psíquico, adoecimento, estresse e competitividade espúria, a qualquer preço.

No LCME essa contradição aparece quando se apresentam os movimentos da produtividade crescente e da qualidade total. Nesse sentido, é preocupante essa forma como vêm desenvolvendo-se essas condições sobre o trabalho dos servidores técnicos do LCME, se for levado em consideração que, em geral, qualquer laboratório “é um ambiente extremamente hostil. Convivem no mesmo espaço, equipamentos, reagentes, soluções, microrganismos (sic), pessoas, papéis, livros, amostras, entre outros elementos”, devendo ser entendido como “um sistema complexo, onde existem interações constantes entre fatores humanos, ambientais, tecnológicos, educacionais e normativos”, pois essas interações favorecem a ocorrência de acidentes (MOLINARO, CAPUTO, AMENDOEIRA, 2009, p. 21-22). No caso do LCME, pode-se afirmar que o grosso das atividades de preparação de amostras seriam finalísticas, ou, de “acabamento da amostra” em função de sua preparação para os microscópios, pois as amostras que chegam lá já passaram por processos de elaboração em outros laboratórios (vinculadas a departamentos e programas de pós-graduação)

É preocupante também, porque verifica-se que o *general intellect* objetiva-se nos homens, sejam eles professores-pesquisadores, pós-graduandos ou servidores técnicos, não havendo essa distinção

hierárquica do ponto de vista do conhecimento. Nota-se que a força engendradora socialmente pelos homens em cooperação adveio de um processo historicamente determinado e que expressa a criação universal entre todos os homens na produção material de sua existência.

Assim, a continuidade dos processos “parciais”, os quais são efetivados objetivamente por meio dos equipamentos, aparelhos, instrumentos e insumos, é um princípio fixado pela universalidade do processo social de produção, isto é, pelo *general intellect* nos homens objetivados, por meio do qual os servidores técnicos se reafirmam como integrantes ao processo. Nesse sentido, à medida que o aparato técnico se universaliza como necessidade para todos os campos científicos, o mesmo acontece com as informações, conhecimentos e habilidades, de maneira que essa divisão do trabalho das condições burguesas tende a ser questionada pela própria necessidade do processo de se produzir o conhecimento nanocientífico.

Na grande indústria moderna, a universalidade objetivada era a interligação, pois o universal como máquina estava seccionado. Observava-se assim a divisão das máquinas, mas não dos homens, pois estes acompanhavam as máquinas, as quais modificavam formas e criavam objetos e era a partir disso que ocorria a divisão técnica.

Já na produção de base científica laboratorial, o universal seria o equipamento singular e o laboratório que remete para além de si, dado o seu não seccionamento. Logo, pelo pensamento, trabalhadores do Laboratório estão iguados, pois não são diferenciados pelo grau de informação do conhecimento que possuem, o qual, ainda, não se mostra como uma constante eterna no tempo. Porque, por ser essa condição do trabalho pura abstração, colocada pelo capital, ela tende a negar a divisão do trabalho imposta pela lógica do próprio capital.

A produção de base científica laboratorial basearia-se na combinação de equipamentos, aparelhos, instrumentos e insumos de diferentes espécies, conjuntamente com as habilidades requeridas, constituindo, ao mesmo tempo, um corpo inorgânico e orgânico.

Trata-se do trabalho social em sua forma mais avançada, pois a comunidade de homens, antes materializada na comunidade objetivada de máquinas desenvolve-se, assentando-se sobre a Ciência. Assim, os homens, antes apêndice na linha de produção na grande indústria, não continuam sendo apêndice na produção de base científica laboratorial devido à transformação que agora se realiza, desvencilhada dos limites da grande indústria, e, por causa disso, pelo fato de passarem a apropriar-se do objeto pela *compreensão da natureza*, em sua constituição estrutural atômica/molecular.

Quando o aparato técnico, ao operar sobre o objeto, executa com participação humana direta como expressão do *general intellect* todos os movimentos necessários para a transformação, observação e compreensão da matéria em seus elementos mais simples, tem-se uma produção de base científica laboratorial. De fato, trata-se da cooperação de homens apropriando-se, objetivando-se ser social.

Assim, a produção automatizada da grande indústria, que trouxe em suas entranhas a constituição e o desenvolvimento da produção de base científica laboratorial, encontra sua forma mais desenvolvida no equipamento dessa base, o microscópio eletrônico, o qual recebe seus impulsos de uma força motriz externa e/ou interna específica (no caso, um gerador) e os transmite para o seu componente diferencial, a máquina ferramenta de precisão quântica: o filamento de um MEV (Foto 18), o monocristal de tungstênio de um MEV-FEG (Foto 19), ou, ainda, o hexaborreto de lantânio de um MET, dependendo do tipo do equipamento.

E o fato de cada um dos equipamentos e aparelhos possuir um motor/gerador próprio exprime a funcionalidade de se gerar força motriz a partir de variadas maneiras/necessidades, bem como a necessidade de os homens tornarem possível a produção de novas fontes de energia em larga escala.

Note-se que o microscópio eletrônico contém um motor, meios de transmissão e a máquina ferramenta que atua sobre o objeto. No entanto, surge no lugar do “monstro mecânico que enche edifícios inteiros e cuja força demoníaca se disfarça nos movimentos ritmados quase solenes de seus membros gigantescos e irrompe no turbilhão febril de seus inumeráveis órgãos de trabalho” (MARX, 1996, p. 435), um equipamento isolado, de proporções bem menores, que mesmo com outros equipamentos e aparelhos ocupam um espaço bem menor. Este aparato nada lembra algo de demoníaco, movimentos ritmados ou inumeráveis órgãos de trabalho; ao contrário, o ambiente é silencioso, *clean* e posto em movimento pelo humano quando necessário. Porém, isso não significa não existirem riscos dentro de um laboratório, especialmente para a equipe que atua no local, mesmo porque são necessários equipamentos de proteção individual e coletivo, pois:

A Norma Regulamentadora n. 6, do Ministério do Trabalho e Emprego, estabelece que o empregador deve adquirir e fornecer ao trabalhador equipamentos de proteção individual (EPI), orientando e treinando sobre o uso adequado, guarda e conservação, realizando periodicamente a higieniza-

ção e a manutenção, substituindo imediatamente sempre que danificado e extraviado (MOLINARO, CAPUTO, AMENDOEIRA, 2009, p. 33).

Porque, o ponto de partida do sistema de laboratório é o próprio objeto, a decomposição e recomposição da matéria, que evidencia o homem pensante. Contudo, o capital, ao mesmo tempo em que desenvolve as forças produtivas, se expande e evidencia suas relações limitadas, a contradição entre os resultados sociais de sua produção e sua apropriação privada.

Sabe-se que o intercâmbio dos homens entre si no processo de produção é a base de todas as outras formas de intercâmbio, pois engloba o intercâmbio material e espiritual de indivíduos isolados, de grupos sociais e de países inteiros. O intercâmbio, que tem sua forma condicionada pela produção social, supõe o desenvolvimento das forças produtivas e uma nova divisão do trabalho o que determina, por sua vez, o próprio intercâmbio entre os homens no processo de produção. (MARX, ENGELS, 2007).

Quais são, então, as relações dos homens entre si no que se refere ao material, ao instrumento e ao produto do trabalho na produção de base científica laboratorial?

O intercâmbio do trabalho individual pelo trabalho alheio, dentro da produção de base científica laboratorial, mostra-se não tanto pelo avanço da relação social como capital (mistificação) do que pela sua desmistificação, isto é, pela coexistência simultânea do trabalho dos demais objetivado em meios de produção, isto é, pela parte ossificada do valor do capital. A contrapartida, no entanto, contraditoriamente, é o homem como ser social pensante provido do *general intellect*, porque histórica e teleologicamente posto pelo processo produtivo.

Nesse sentido, o fato de que o trabalhador individual, nessa forma de produção, possa levar a cabo o intercâmbio de substâncias necessárias para o consumo produtivo mostra-se como qualidade dada socialmente da parte ossificada do capital em geral que lhe ‘força individualmente o trabalho’, porque como intercâmbio material por meio das forças simultâneas desse trabalho. Embora não seja função dos servidores técnicos, a preparação de amostras - como visto anteriormente - é elucidativa disso, necessitando sua elaboração ser precisa, requerendo ocasionalmente o acompanhamento dos servidores técnicos para a posterior análise nos equipamentos, haja vista que certos aparelhos e os equipamentos somente podem ser operados por eles.

Porém, o intercâmbio material explicita-se como **apropriação**

gratuita de *quantum* do mais-trabalho socialmente produzido, já que se faz via *general intellect* e como produção individual de mais valia (por isso ‘trabalho forçado individualmente’): o trabalhador individual da produção de base científica laboratorial bem sente o capital ‘forçando-lhe trabalho’, impondo o ritmo do tempo de trabalho ao tempo de produção, seja por prolongamento, seja por intensificação da jornada dos servidores técnicos, como se isso fosse “fazer brotar” dos equipamentos e de cada uma das sessões “mais conhecimento”.

Essa lógica condiz com o processo de trabalho, mas não com o processo de produção do conhecimento, o qual acaba sendo afetado negativamente pelo primeiro, já que considera - como evidenciam Evangelista (2006), Bianchetti e Machado (2009), Godoi e Xavier (2012), dentre outros - a quantidade em detrimento da qualidade. Num particular, nos últimos anos muito passou a ser falado sobre as consequências do *publish or perish* (SANTANA, 2011, FREITAS, 2011, TARGINO, 2010) e sobre as fraudes e plágios (SAUTHIER *et al*, 2011), mas também sobre as origens disso tudo (SGUISSARDI, 2010).

Não por acaso, também, individualmente, o trabalho pode apresentar-se, por vezes, não somente como desgastante das condições de saúde física e psíquica, como pode parecer que “aquilo” que os servidores técnicos do LCME produzem ou fazem – mais ainda considerando-se sua alta formação intelectual – e o risco ambiental e ocupacional que correm está muito além do que recebem como equivalente dos meios de subsistência necessários à sua reprodução de vida.

Nesse sentido:

O ambiente laboratorial tem sido considerado insalubre por agrupar atividades que requerem o uso de equipamentos, máquinas, reagentes e materiais diversos, além de viabilizar muitos procedimentos que oferecem riscos de acidentes e doenças para os usuários em geral. Desse modo, cabe a responsabilidade de se informar, treinar e até mesmo capacitar os sujeitos potencialmente expostos aos riscos, de modo a evitar problemas de saúde e prevenir acidentes.

[...] São considerados riscos ambientais aqueles causados por agentes físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes que, presentes nos ambientes de trabalho, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador em função de sua

natureza, concentração, intensidade ou tempo de exposição.¹⁰¹

[...] No que concerne aos riscos ocupacionais, esses estão diretamente ligados às situações de trabalho que podem romper o equilíbrio físico, mental e social das pessoas, e não somente as situações que originem acidentes e enfermidades [...] (MOLINARO, CAPUTO, AMENDOEIRA, 2009, p. 46-47).

Ao mesmo tempo, periodicamente os servidores técnicos do LCME necessitam fazer relatórios de atividades sobre quantas sessões de microscopia foram feitas, quantos atendimentos foram realizados etc., sobre aspectos que atestem o uso máximo dos equipamentos e aparelhos instalados. E a tendência parece ser que numericamente esses atendimentos aumentem, muito mais ainda devido à integração do LCME ao SISNANO.

Levando-se em conta as condições de trabalho desses servidores técnicos, os riscos ambientais das atividades que realizam e que são inerentes a qualquer laboratório, é viável um aumento forçado das sessões, considerando-se o atual número de profissionais (às vezes, menos)? Não podem ser afetadas sua atenção e/ou ocasionar tensão?

Da mesma maneira, não se sabe se o frio a que são submetidos constantemente, praticamente todos os dias, em função da baixa temperatura das salas dos microscópios, está provocando algum problema de saúde nestes servidores técnicos, o que somente no longo prazo irá aparecer¹⁰². Também não se sabe se os Raio-X emitidos por esses equipamentos estão dentro de uma normalidade aceitável e sendo periodicamente avaliados.

Há que se levar em conta que hoje esses servidores técnicos são jovens, mas e daqui há 20 anos, como estarão os seus corpos, sua saúde

¹⁰¹ Segundo a classificação da NR-5 do Ministério do Trabalho e Emprego, os agentes: 1) físicos são ruídos, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações, etc., 2) químicos são poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases, vapores que podem ser absorvidos por via respiratória ou através da pele, etc., 3) biológicos são bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros, 4) ergonômicos são Trabalho físico pesado, movimentos repetitivos, jornada prolongada, postura incorreta, tensões emocionais, monotonia, exigência de uma maior atenção, responsabilidade e concentração, jornadas longas de trabalho, treinamento inadequado ou inexistente, conflitos, etc., 5) de acidentes são arranjo físico inadequado, máquinas e equipamentos sem proteção, iluminação inadequada, eletricidade, animais peçonhentos, probabilidade de incêndio ou explosão, etc. (MOLINARO, CAPUTO, AMENDOEIRA, 2009, p.47-48).

¹⁰² Sequer há roupas especiais, fornecidas pela Universidade.

física e psíquica, considerando as atuais relações de produtivismo e ‘qualidade total’ presentes na UFSC?

É preciso atenção para o fato de que os servidores técnicos do LCME do ponto de vista humano são, apesar da importância dada aos equipamentos, os elementos mais preciosos do processo em nível imediato e igualmente do ponto de vista do capital. Isso leva à afirmação de que se não constitui uma urgência antever os impactos futuros sobre os servidores técnicos, ao menos do ponto de vista do capital deve-se saber que não são sujeitos substituíveis, devido à idiosincrasia do processo de produção do conhecimento e aquisição da experiência. Os servidores técnicos, como elemento humano histórico e como elemento humano do capital, podem ser ‘perdidos’, respectivamente, seja por seu desgaste, seja por buscarem outros empregos.

Mas, é a “parte ossificada” do capital que parece se impor. Sabe-se que o tempo de circulação total do capital fixo resulta numa rotação peculiar (MARX, 1980). Na produção de base científica laboratorial, essa relação aparece do seguinte modo: a parte do valor que o capital fixo perde – diária, porém lentamente - em sua forma natural (matérias-primas e matérias auxiliares) circula como parte do valor do *produto*, que é o próprio conhecimento que está sendo construído pelos homens, é a própria natureza sendo decomposta/recombinada.

Entretanto, o valor do produto não depende essencialmente do tempo de trabalho (o qual o capital tenta impor como essencialidade ao processo de produção) quanto da força dos agentes postos em movimento durante o processo, por isso que o processo da produção do conhecimento não depende tanto dos trabalhadores individualmente, tanto quanto do trabalhador coletivo por meio do *general intellect*. Contudo, ao mesmo tempo, cada trabalhador individual é depositário do *general intellect*, da força universal pensante que iguala todos os homens subdivididos burguesamente.

Por meio da circulação do capital, o produto transforma-se, isto é, o conhecimento converte-se em teses, dissertações e artigos¹⁰³, sendo esse primeiro momento a forma de intercâmbio dos resultados parciais

¹⁰³ Como exemplo do que relata Latour e Woolgar (1997), a respeito do laboratório estudado, “em primeiro lugar, todas as tardes os técnicos transportam pilhas de documentos das bancadas para os escritórios - documentos que equivalem, em uma fábrica, ao relatório do que foi processado e produzido. No laboratório, os documentos em questão constituem o material que foi processado e produzido. Em segundo lugar, as secretárias enviam pelo correio artigos que saem do laboratório, numa média de um a cada dez dias. Os artigos, longe de serem os *relatórios* do que foi produzido na fábrica, são considerados pelos membros da equipe como os *produtos* de sua usina singular” (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.39).

dos laboratórios entre si; por conseguinte, também convertem-se em publicações a parte do valor do meio de trabalho (os equipamentos e aparelhos), posta em circulação pelo produto.¹⁰⁴

Quanto mais tempo dura o meio de trabalho, quanto mais demora o seu desgaste, mais tempo permanece fixado nessa forma de uso, valor-capital constante, e a proporção em que transfere seu valor está na razão inversa do tempo global de funcionamento (MARX, 1980). Na proporção em que esse meio de trabalho deixa de ser depositário de valor no processo de produção, como esse valor volta gotejando do processo de circulação? Os homens individuais da produção de base científica laboratorial terão que “mostrar trabalho”: participarão em simpósios e congressos, serão elaboradas teses, dissertações, relatórios de iniciação científica, artigos em revistas importantes e, fundamentalmente, artigos inéditos cujo conteúdo evidenciará os homens construindo/desconstruindo o conhecimento e decompondo a natureza em seus elementos mais simples.¹⁰⁵

O valor (como categoria), portanto, adquire dupla existência de um modo muito peculiar. Parte dele permanece vinculada à sua forma de uso ou natural pertencente ao processo de produção, ou seja, como trabalho passado; a outra, desprende-se como conhecimento parcial, ou seja, como trabalho vivo, que não se converte imediatamente em dinheiro, mas que o quanto antes deve se fixar sob aparência de publicações (tanto em termos qualitativos como quantitativos), expressando aquilo que Bourdieu chamou de *campo da ciência*¹⁰⁶.

Durante o funcionamento do meio de trabalho decresce constantemente a parte do valor que existe sob a forma natural enquanto aumenta sempre a parte do que se transforma em conhecimento parcial,

¹⁰⁴ Para concluir o processo, à exemplo do que se desenvolve entre a retirada de amostras em ratos e a publicação literária de uma curva, “[...] é necessária uma quantidade gigantesca de aparelhos sofisticados. Que contraste entre o custo, o tamanho da aparelhagem e o produto final - essa simples folha de papel onde se desenhou uma curva, um esquema ou um quadro de figuras! É sobre ela que se debruçam os pesquisadores em busca de um ‘significado’. Ela torna-se ‘dado’ em uma demonstração ou em um artigo. Assim, uma longa série de transformações é concluída por um documento que se transforma [...] em matéria-prima para a construção de uma ‘substância’” (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.44).

¹⁰⁵ Certa vez, em conversa com um professor da física na Unicamp, no ano de 2007, foi-me explicado que com um investimento de alguns milhares de dólares em um equipamento produz um artigo que representa um passo gigantesco do ponto de vista do conhecimento, porém que o investidor não pensa assim, que acha pouco “apenas um artigo” e exige mais artigos, **donde são produzidos muitos sem valor do ponto de vista do avanço do conhecimento científico.**

¹⁰⁶ Definido por Bordieu (1976, p.231) como o local de uma competição que caracteriza pelo monopólio da autoridade científica, definida ao mesmo tempo como potencial técnico e poder social.

até que ele chegue ao fim e todo o seu valor global, separado de seus ‘restos mortais’, tenha-se convertido em conhecimentos finais novos¹⁰⁷, podendo resultar até no surgimento de um novo campo de saber ou de estudos.

O intercâmbio entre os homens individuais na produção de base científica laboratorial evidencia, por um lado, as diferentes subdivisões entre os que cooperam nesse determinado trabalho: a existência de professores-pesquisadores, pós-graduandos e servidores técnicos. Por outro lado, evidencia as condições de realização do trabalho, desenvolvidas pela divisão burguesa do trabalho e condicionadas pelo *modo* em que se exerce o trabalho¹⁰⁸, o que no caso do LCME se materializa como “empregados (técnicos)” que se reportam à “reitoria” como instituição e “servem à comunidade, de professores e pós-graduandos”.

Da parte dos servidores técnicos individuais do LCME, que efetivam a operação dos equipamentos, visando as análises das pesquisas, esse conhecimento final aumentará o “poder” dos aparelhos, a credibilidade dos “homens da ciência” da UFSC como instituição e os financiamentos a novas pesquisas. Por isso: a) as novas exigências da pesquisa são definidas pelo novo objeto e pelos meios que devem ser postos em operação com o intuito de se determinar a estrutura das substâncias, e b) a demanda de equipamentos e aparelhos para o LCME cresceu além do que sua estrutura foi projetada para comportar.

No entanto, esse ‘sucesso’ aparece aos próprios servidores técnicos como resultado de sua ‘avaliação individual’, que leva em conta onde sua credibilidade tem chance de ser melhor remunerada, confirmando a referência feita aos “problemas interessantes”, aos “temas rentáveis”, aos “bons métodos” e aos “colegas em quem se pode ter confiança”. Nesse sentido, isso explica, para Latour e Woolgar (1997), por que os pesquisadores gastam seu tempo mudando de área, lançando novos projetos de colaboração, confirmando e afastando hipóteses ao sabor das circunstâncias, substituindo um método por

¹⁰⁷ Esses conhecimentos finais nada mais são do que a decomposição/composição dos elementos simples, constitutivos à natureza, como processo histórico e teleológico por meio da união dos homens.

¹⁰⁸ O modo pelo qual se exerce o trabalho decorre da existência de duas classes de homens: os que são proprietários privados dos meios de produção e os que, não sendo proprietários dos meios de produção, são proprietários privados da força de trabalho, os quais a vendem aos primeiros aparentemente como homens livres, autônomos e independentes. Essencialmente, no entanto, essa venda é feita ao capital como sendo trabalho passado, ou seja, como trabalho excedente da própria classe trabalhadora.

outro, tudo isso submetido à extensão do ciclo de credibilidade¹⁰⁹ (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 232)

A constatação de Latour e Woolgar (1997) é a de que o sucesso da pesquisa é medido não somente como uma simples troca de bens por dinheiro, mas em função de se poder aumentar o ciclo da “credibilidade”, que pode ser o número de vezes que seus trabalhos foram citados, a distribuição de prêmios, o número de telefonemas recebidos, a aceitação de seus artigos, o interesse que os outros demonstram por seu trabalho, o fato de ele ser mais facilmente ouvido, que lhe proponham melhores ocupações, que seus testes dêem resultado, que seus dados se acumulem de maneira confiável e formem um conjunto mais digno de crédito. Nesse sentido, para os autores, não é possível retratar a atividade científica em termos econômicos, porque “o laço entre a produção científica dos fatos e a economia capitalista moderna provavelmente é bem mais profundo do que uma simples relação econômica” (*Op. cit.*, p. 233).

Eis que, afirma Velho (1996), os professores já são ‘empresários da pesquisa’. Da parte dos que detêm a propriedade do capital acumulado e nada sabem sobre a atividade cotidiana e de criação/construção dos trabalhadores da produção de base científica laboratorial, não se lhes aparece que o que “compram” é *o conhecimento*, pois na etapa preliminar de sua produção não se opera qualquer distinção entre os “pesquisadores” e sua hipótese. O que compram é *a capacidade dos trabalhadores de produzir um conhecimento no futuro*, como se fosse para extrair mais valia.

Entretanto, **produção de base científica laboratorial não há produção de mais valia que seja explicada economicamente, mas apropriação do mais-trabalho produzido socialmente e materializado historicamente**, conforme demonstrado por Campana (2006).

A partir de Latour e Woolgar (1997), dir-se-ia que a subdivisão do trabalho, considerando as condições burguesas, é técnico-intelectual:

Todo o dia é assim. Os trabalhadores entram no laboratório, trazendo na mão sacolas de papel pardo com o almoço. Os técnicos começam imediatamente a preparar os biotestes, limpam as

¹⁰⁹ Nota B.L. e S.W.: “Quando um homem de negócios abandona e vende uma sociedade em decadência, é considerado cúvido e interesseiro. Mas quando um cientista abandona uma área em declínio ou uma hipótese desacreditada, isto é, ninguém está mais sensível para ‘comprar’ o argumento, ele é visto como desinteressado” (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 232).

mesas de dissecação ou pesam produtos químicos. Recolhem as páginas de dados que saem dos contadores e das calculadoras que ficaram funcionando durante a noite. As secretárias sentam-se em suas máquinas de escrever e começam a corrigir os manuscritos, eternamente atrasados. Os pesquisadores chegam um pouco mais tarde, um depois do outro, trocando breves comentários sobre o que deve ser feito naquele dia. Depois de alguns instantes, vão para as suas bancadas. Outros empregados depositam carregamentos de animais, produtos químicos e pilhas de correspondência. Dir-se-ia que o trabalho de todos eles é guiado por um campo invisível, ou que eles formam um quebra-cabeça quase terminado e que talvez chegue a se completar ainda hoje. Tanto os edifícios em que essas pessoas trabalham quanto as carreiras que seguem estão salvaguardados pelo Instituto Salk. O dinheiro do contribuinte norte-americano chega, todo mês, via National Institute of Health ou National Science Foundation. Às vezes há coletas privadas, organizadas para garantir o trabalho do pesquisadores. [Ao final do dia] um empregado filipino lava o chão e esvazia as latas de lixo (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 11-12).

Essa subdivisão descrita por Latour e Woolgar é inexistente no LCME, mesmo porque lá acontece uma parte operacional das pesquisas empreendidas pela UFSC ou outras instituições. No entanto, os servidores técnicos efetuam quase tudo relacionado à preparação das amostras que serão lá analisados: preparação/limpeza das bancadas, dos equipamentos e aparelhos, leitura e análise de projetos submetidos, carregamentos dos equipamentos e aparelhos, troca de informações/conhecimentos sobre as sessões de microscopias, dentre outros. Por isso, a subdivisão do trabalho sob as condições burguesas, não deixa de ser técnico-intelectual, o que se expressa na existência de professores-pesquisadores, pós-graduandos e servidores técnicos.

A partir dos dados de Latour e Woolgar (1997), é possível evidenciar como na produção de base científica laboratorial o intercâmbio tem sua forma condicionada pelo modo capitalista de produzir.

Apesar disso, como elementos importantes à quebra da hierarquia

burguesa da produção, qual seja, entre professores-pesquisadores, pós-graduandos e servidores técnicos, a partir do observado no LCME, apareceram:

a) *a formação básica*¹¹⁰ *dos servidores técnicos*, a qual representa o *retorno formal* de um amplo empréstimo de dinheiro feito pelos contribuintes (ou, por vezes, investimentos pessoais dos próprios envolvidos) e de mais de 100 anos-homens de universidade e ensino superior¹¹¹. Predominantemente formaram-se e continuam seus estudos de pós-graduação em universidade pública e/ou financiados por ela, afirmando a possibilidade formal de virem a tornarem-se pesquisadores, já que em termos reais caminham para isso;

b) *a experiência profissional (teórico-empírica) acumulada*. Trata-se do desenvolvimento de um conhecimento tácito ou uma maestria, porém não passível de ser explicitado, sendo formado a partir não somente dos conhecimentos explicitados, mas da experiência cotidiana de troca de informações teóricas e empíricas sobre os equipamentos, aparelhos, instrumentos e insumos, processo que ocorre entre os próprios servidores técnicos e, entre estes e professores e pós-graduandos. Com o tempo, é pouco provável que um técnico seja “menos sabido” do que um professor ou um pós-graduando, respeitadas as idiosincrasias necessárias ao saber em cada área;

c) *os financiamentos, prêmios obtidos e artigos publicados*, os quais dão idéia do que foi investido no LCME, sendo algo que interessa tanto para grupos/núcleos de pesquisa, laboratórios, como para a própria UFSC. Os trabalhos de pós-graduação dos servidores técnicos, integrando grupos de pesquisa dentro da universidade ou não, estão em pé de igualdade ao de pós-graduandos, sendo até, muitas vezes, superior, concorrendo a prêmios, tendo seus artigos publicados em revistas de renome, contribuindo para o aumento dos financiamentos à UFSC ou aos grupos de pesquisa a que pertencem.

d) *os antecedentes de onde e com quem os servidores técnicos trabalharam e efetuaram seus estudos de pós-graduação, cursos, suas*

¹¹⁰ Isto é, a educação formal anterior (antes de serem concursados) de graduação e durante sua condição de técnicos, por meio da formação em cursos de pós-graduação.

¹¹¹ Para detalhes, ver Campana (2006), que discorre sobre o longo e complexo processo de pesquisas científicas que culminaram nas ‘descobertas’ sobre os elétrons e os átomos, consubstanciando a chamada mecânica quântica.

pesquisas, refletem a importância das relações estabelecidas como fonte de credibilidade. Revela-se que os servidores técnicos são “analisados” em sua potencialidade de “construir conhecimento”, tanto quanto os professores pesquisadores e os pós-graduandos o são.

Esses elementos nivelam a importância dos servidores técnicos do LCME em relação aos pesquisadores-professores e pós-graduandos, o que parece contrapor a pré-estipulada hierarquia de trabalho, determinada tanto pelo o *grau* ou *designação* - “professor”, “pós-graduando” ou “técnico” -, quanto pela posição ocupada dentro da hierarquia.

Por isso, o fato de um “professor-pesquisador” ser *a priori* mais valorizado do que um “técnico”, e, no caso da hierarquia entre os professores-pesquisadores, de as listas de publicações serem tão valorizadas, na medida em que indicam as “posições estratégicas ocupadas pelo pesquisador”, por exemplo. Por outro lado, essas listas de publicações também acabam envolvendo os servidores técnicos do LCME (além dos estudantes de pós-graduação), os quais, apesar do rótulo de “técnicos”, frequentemente são envolvidos em grupos de pesquisas onde aparecem as posições que cada um ocupa. Devido a isso, no caso dos servidores técnicos dos LCME, também são considerados como integrantes de um segmento respeitável e privilegiado dentre os servidores técnicos da universidade, por participarem ativamente de pesquisas e serem ao mesmo tempo ‘técnicos do LCME’.¹¹²

Por isso, se pode dizer que individualmente a produção do conhecimento é efetivada pela convergência de múltiplas trajetórias, de tal forma que:

Sua organização pode ser interpretada como a acumulação dos movimentos e dos investimentos dos seus membros. A conjunção das trajetórias dos atores constitui uma hierarquia administrativa quase perfeita (LATOURET, WOOLGAR, 1997, p. 244).

Além do que é produzido a partir de dentro de determinada

¹¹² Loch (2005), em sua pesquisa efetuada com servidores da UFSC, mostrou que a expressão da criatividade está condicionada à ação do servidor como também pela forma como o processo, a organização e as representações do trabalho se configuram na realidade material. Analisou nas representações do trabalho conteúdos como: a relevância social do trabalho, o reconhecimento do trabalho bem como a importância pessoal atribuída a este. Nesse sentido, não ficou dúvida sobre o orgulho e satisfação pessoal demonstrado pelos técnicos do LCME.

unidade laboratorial (artigos, materiais e habilidades), existe também outra relação de se produzir: a produção, por meio do intercâmbio com outros laboratórios, de materiais e habilidades que são produzidos exclusivamente.¹¹³ Isso acaba acontecendo das unidades laboratoriais para com o LCME, mas não como uma relação de compra e venda (não observada), senão como amostras que são produzidas nas unidades para serem analisadas no LCME. Como exemplo, o filme eletrodepositado de silício é uma “plaquinha quadrada” produzida não maior do que três milímetros, com silício na parte de trás, ouro (um camada de 50 nanômetros) na parte da frente e o azul da Prússia (uma camada em formato de círculo, que é o biosensor) por cima do ouro. O departamento de física da UFSC a produz, com todos os testes e etc. No entanto, para conseguir as matérias primas e sua montagem, cada projeto prevê recursos para construí-lo ou adquirí-lo, porque esse material custa caro.

Quanto mais precisos forem os equipamentos e aparelhos em decompor a estrutura atômica/molecular, maior será a especialização do trabalhador, a qual, ao mesmo tempo, evidencia-se interdisciplinar, mais irá impor-se como necessário o intercâmbio entre as diferentes áreas, mais irá decompor-se (dividir-se) o trabalho, menor será o tempo-trabalho social de se produzir um produto.

Contudo, quanto mais esse princípio se desenvolver, maior será a tendência na base científica laboratorial de ter-se um maior número de homens necessários e envolvidos na produção do produto que é o conhecimento, tendência contrária à produtividade da máquina industrial, medida pela proporção em que ela substitui a força de trabalho do homem. Pois o critério não é o quantitativo de homens, senão qualitativo e dado pelo objeto com o qual se trabalha.

¹¹³ O laboratório pesquisado por Latour e Woolgar tinha dois objetivos: a purificação de substâncias naturais e a fabricação de análogas de substâncias conhecidas etc, processos que constituem uma riqueza mesmo que as quantidades produzidas não ultrapassem alguns microgramas, o que não permite que pesquisadores externos ao laboratório - e que se beneficiam dessas amostras ao comprá-las - prossigam suas pesquisas de maneira suficiente para fazer uma descoberta. “As substâncias purificadas e os anti-soros raros também são considerados trunfos importantes. Quando um membro da equipe fala em deixar o grupo, ele faz isso expressando o cuidado com o que irá acontecer com os anti-soros, as frações e as amostras pelos quais se sente responsável. São exatamente as substâncias purificadas e os anti-soros que, acrescidos dos artigos que este pesquisador escreveu, constituem seu cacife para se estabelecer em outro lugar e dar prosseguimento à sua atividade de autor de textos. Ele tem todas as chances de encontrar, em outros locais, inscritesores similares, mas não os anti-soros específicos que lhe permitiriam realizar este ou aquele imunoteste. Além dos testes, o laboratório produz habilidades, vez por outra, deixam o laboratório para exercê-las em outro local” (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.79).

Viu-se nesse capítulo que o LCME é desvelado como uma singularidade que é forma e expressão de uma universalidade posta e em relação com o modo de produção capitalista. Observou-se que o modo de produção capitalista está presente nas relações sociais da base científica laboratorial, mas que ‘a forma’ como ele se efetiva e revela é bastante distinta das formas de produção historicamente anteriores.

A contradição aparece quando se observa a relação entre a super-especialização e a necessidade de dominar um conhecimento interdisciplinar para que aconteça a produção do conhecimento científico. Passa a ser fundante a ‘formação’ interdisciplinar dos servidores técnicos. Destaca-se o defendido por Ferreti (2008), a relação reflexiva com o conhecimento historicamente acumulado e implica o domínio de capacidades como as de analisar, questionar, interpretar etc., no estabelecimento de interrelações entre conhecimentos de diferentes áreas, que situam os diferentes elementos da realidade (social, cultural, político etc.).

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese teve importantes alterações de rumo em relação ao proposto há cinco anos, bem como impactos externos consideráveis que acabaram por determinar a maneira como esta se apresentou. Por isso é preciso considerá-la como um estudo limitado, pesquisado e escrito em determinados e distintos tempos e sob certas condições. Espera-se, portanto, o aprofundamento do tema em pesquisas futuras.

No entanto, permaneceu a necessidade de adotar-se o referencial teórico-metodológico do materialismo histórico (sendo distinta das abordagens existentes sobre a Ciência, sejam as macroanalíticas, de Kuhn, Bourdieu, sejam as microanalíticas, de Latour e Woolgar, e Knorr-Cetin) e de se efetuar uma pesquisa de campo, a qual foi empreendida no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica (LCME) da UFSC.

Efetuando um resgate do objetivo geral e dos específicos propostos na introdução, tem-se que a presente tese objetivou um esforço investigativo teórico-prático a respeito da nanociência e da produção do conhecimento nanocientífico, a partir de um laboratório de microscopia eletrônica, consubstanciado no objetivo geral de **compreender se as relações sociais de produção do conhecimento nanocientífico apontam a existência de novas relações sociais**. Resgatando-se a questão central de pesquisa, levantada na introdução, de buscar-se estabelecer os nexos, as relações e as mediações com a educação, foi feita a seguinte pergunta: quais os elementos que a produção nanocientífica laboratorial manifesta em termos da produção do conhecimento nanocientífico e em que medida essa produção evidencia-se como superação das relações capitalistas?

Como resultado, são permitidas algumas conclusões interessantes sobre o assunto.

Do reconhecimento de relações sociais de produção específicas, existentes na forma de produção de base científica laboratorial e de seus nexos e mediações com o modo capitalista de produzir como forma histórica, não se pode, apesar de tudo, derivar, necessariamente, que este condicionamento está marcando-as eternamente com o selo dos interesses sociais que as motivaram. A base técnica desenvolvida no e pelo capital não tem seu caráter material totalmente “amarrado” à sua determinação formal. Considera-se aqui o processo histórico de os homens fazerem a si em sua condição de o serem no e pelo capital.

A forma de produção de base científica laboratorial é uma forma fundada sobre o desenvolvimento do trabalho presente e passado como *general intellect*, respectivamente, estando objetivado nos homens e nas coisas. É um produto histórico da humanidade em seu fazer-se a si, sendo definida no contexto das relações sociais herdadas, mas sobre as quais os homens atuam, incorporando novas necessidades. Assim, jamais pode-se considerar que essa forma de produção é contínua, fluente ou linear. Ao contrário, sendo processo humano complexo de fazer-se por meio do capital é feito de descontinuidades, reflúncias e irregularidades.

Nesse sentido, uma primeira conclusão propiciada pela questão central é a evidência de que ao passo em que não há uma “produção de base científica laboratorial”, uma “educação” ou uma “produção do conhecimento nanocientífico”, sendo isso o resultado e ponto de partida para apreender pelo pensamento uma dada realidade recortada, existem seres humanos que ao produzirem e reproduzirem suas vidas, despojando-se das formas pretéritas de produção, produzem um *saber cognitivo-tácito-explicito* - expressão cunhada com inspiração em Bianchetti (2001) -, passível de transmissão de geração em geração, formal e informalmente.

Esse *saber*, assim como o *general intellect*, não é individual, mas eminentemente social, e torna-se evidente no processo humano sob a forma de produção de base científica laboratorial. Constitui a unidade totalizante entre saber e experiência, trabalho manual e intelectual, (tempo da) teoria e (tempo da) história, sendo a expressão de um movimento tanto teórico como prático, posto que se trata da interiorização e objetivação dos *processos naturais*, as quais, sendo a intelectualização do objeto, são posições do *general intellect*.

No entanto, por um lado, esse *saber*, que aparece como “Ciência” (com aspas, pois mistificado) e seu sistematizado processo, a ‘produção do conhecimento’, não pertence ao trabalhador, mas ao capital. Por isso, e, portanto, vai aparecer como trabalho passado com predomínio sobre o trabalho presente.

Por outro lado, é possível corresponder o *saber cognitivo-tácito-explicito* a uma passagem de Marx, em *O Capital*, que expressa a Ciência como ‘consciência transcendental’, o que é aqui entendido como levado a cabo pelo *general intellect*, isto é, como a ciência, o produto do desenvolvimento histórico geral em sua quinta-essência abstrata, como determinação social da produção material que se expressa como conhecimento da constituição da matéria (trabalho passado) e homens pensantes (trabalho presente).

Estando o *saber cognitivo-tácito-explicito* pautado sobre as condições gerais de produção estabelecidas pelo capital, conforme este se expande, desenvolve um tempo de produção, tendente a zero, que cada vez mais é social e independentemente do tempo de trabalho histórica e individualmente posto.

Assim, revela-se que o tempo de trabalho não constitui o elemento fundante da produção de conhecimento nanocientífico, mas o tempo de produção social. Evidencia-se que a economia e o tempo de produção se originam do caráter social do trabalho empregado, tanto quanto a mais-valia se origina do mais-trabalho de cada trabalhador individual, considerado em si, isoladamente.

Portanto, a *força* da forma de produção de base científica laboratorial, que só pôde ser desenvolvida quando o trabalho passou a pertencer ao capital, *não é natural e imanente do capital*. Trata-se de um processo histórico vivo e complexo de tal maneira, que é como se o capital, ao decompor o trabalho, porque necessita controlá-lo, sugá-lo de todas as maneiras, desenvolvesse a produção material social, porém, ao fazê-lo, se perdesse em si.

Uma segunda conclusão diz respeito ao processo de produção do conhecimento nanocientífico no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica (LCME) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em seus elementos infraestruturais e institucionais.

Nesse sentido, o espaço do LCME é um laboratório de fronteira científica e pertencente a um ente público, especificamente uma instituição de ensino superior, que considera os “trabalhadores da Ciência” divididos em três categorias: professores-pesquisadores, pós-graduandos e servidores técnicos. É um espaço inicialmente *clean*, pequeno, concentrador de investimentos vultosos em função da infraestrutura especial, dos equipamentos e das máquinas, com pouca quantidade de servidores técnicos, de diferentes áreas do conhecimento, jovens e com alto nível de especialização, além de alta escolaridade.

Este laboratório tem por foco ‘servir’ à UFSC, principalmente subsidiando pesquisas sobre a estrutura/composição da matéria em escala microscópica e nanométrica de áreas como física, química, biologia, engenharias, dentre outras. É um laboratório multiusuário voltado não somente à pesquisa, mas também ao ensino, sendo utilizado por professores-pesquisadores, pós-graduandos e graduandos. O número de integrantes reduzido, ou seja, os servidores técnicos diretamente alocados no LCME, quase passam despercebidos diante da grande estrutura espaço-relacional imediata, tanto institucional como de equipamentos e aparelhos.

Como instituição social, o que o LCME representa é admirável. Dá às obliquidades a justa impressão de que tudo ocorre dentro de uma ordem e naturalidade. O tempo parece estar ao seu favor, pois se afirma no sentido de manter atreladas as idéias de progresso técnico e progresso moral. Os sujeitos parecem que apenas reagem aos acontecimentos desviantes pontuais, mas depois tudo parece voltar ao ritmo que estava.

Contudo, paulatinamente, capítulo a capítulo, desvelou-se que o processo de produção do conhecimento na base científica laboratorial, que inicialmente aparenta ser feito de regularidades, estabilidade, constância, passo igual, harmonia de coisas e acontecimentos, pontos de silêncio sem fundo, vai revelando persistência, lentidão, fios de barulho, entrecortados mais de descaminhos do que caminhos, processo de atritos, conflitos, de um pulsar aritmado e do desencontro e dissonância de ritmos, como uma bolha fervente pousada num recipiente feito da mesma substância das casas, leis, ordens e tradições históricas.

Nesse sentido, o LCME está inserido numa lógica maior de produção dos conhecimentos nanocientíficos em nível internacional, com características peculiares em nível nacional que delineiam a condição inicial da criação/inserção do espaço do LCME, bem como seu espaço imediato e suas relações mediadoras intermediárias e amplas, pertinentes ao assunto da produção do conhecimento nanocientífico. Cabe destacar o quanto isso tudo custa financeiramente à sociedade e como que vem delineando-se a apropriação desse espaço e do conhecimento que ele auxilia a produzir. Em especial, a UFSC como ente estruturante e organizativo e a perspectiva da produção nanocientífica em geral apontam o estreitamento das relações público e privadas como relacionadas ao avanço da nanotecnologia. Cabe destacar, ainda, que no LCME acontece apenas uma parte (a análise) do longo processo de cada uma das pesquisas empreendidas nos vários laboratórios existentes na UFSC (nos departamentos e programas de pós-graduação), e, inclusive em laboratórios de outras universidades, instituições e, recentemente, empresas.

Uma terceira conclusão relaciona-se à apreensão das relações sociais que se estabelecem no contexto do trabalho laboratorial.

Dessa maneira, o LCME mostra-se configurado em si como espaço e finalidade. Mas, configura-se para além de si, ou seja, *para si*, na medida em que exprime a instituição universitária imediata e relações mediatas, sendo que a UFSC e essas relações remetem novamente ao LCME. É, portanto, o ponto de partida e de chegada analítico. Esse espaço da produção de base científica laboratorial mostra-se como emi-

nentemente social, tanto no nível mediato e imediato, como trabalho presente e trabalho passado.

Como relação mediata e trabalho presente e passado, porque o LCME está inserido num conjunto determinado de relações mediatas, na medida em que possui vínculo direto com a UFSC - e precisamente diretamente com uma das pró-reitorias -, estando subordinado a essa instituição e tendo que atender às suas demandas e decisões institucionais, operacionais e técnicas.

Assim é que no contexto institucional e de crescimento da UFSC, o espaço físico do LCME foi originalmente planejado, projetado e construído, visando aplicar os recursos federais obtidos. Estava prevista a existência de alguns espaços que, na prática, não seguiram a finalidade original, como o espaço de socialização, surgindo novos espaços, como a sala do pesquisador-professor responsável pelo LCME. Tais mudanças parecem ser constantes, em função do crescimento tendencial da demanda pelo serviço oferecido pelo LCME, posto que, inclusive, conta atualmente com estagiários, que utilizam provisoriamente o auditório como sala de trabalho, de modo que a intenção por parte da reitoria parece ser a conversão desse espaço numa sala adequada para os mesmos.

Também, dessa forma, o LCME constitui-se um espaço privilegiado, posto que uma atenção imediata é empreendida pela reitoria para se resolverem os problemas relacionados às atividades finalísticas. Nesse sentido, o trabalho passado aparece como prevalecendo sobre o trabalho presente: a infraestrutura, os equipamentos e aparelhos impõem ritmo ao trabalho presente, inicialmente entendido como desenvolvido sobre um saber tácito.

Por sua vez, a UFSC, como uma instituição de porte, está inserida num contexto de competição universitária e de pesquisa, tendencialmente afirmando-se como reprodutora das relações postas em nível nacional e internacional no tocante à pesquisa sobre conhecimentos nanocientíficos. O próprio nascimento do LCME está relacionado ao contexto nacional e internacional recente de afirmação do desenvolvimento de pesquisas nanocientíficas voltadas objetivamente para a concepção de produtos nanotecnológicos, em função da concorrência mundial acirrada pelo controle e lucratividade decorrente das nanotecnologias. Impõe-se, pois, a necessidade de se “agregar valor aos produtos, diferenciando/aprimorando-os tecnologicamente”.

O movimento estruturante da UFSC e suas relações para além da esfera institucional parecem impor que seja assim: crescer, numa espiral de reprodução ampliada, tal como o capital. Isso evidencia a relação de

produtivismo quanto à pesquisa e produção do conhecimento. No âmbito administrativo, por exemplo, se verifica que as variáveis quantitativas/produtivistas possuem um peso grande nas decisões qualitativas da PRPe/UFSC em relação à gestão do LCME. Donde é reafirma-se a compreensão da tendência atual de impor-se na pesquisa científica o saber como um saber produtor do conhecimento “palpável”, isto é, aplicável ou patenteável, quais os números de artigos e/ou livros publicados, projetos envolvendo bolsas, se esse saber responde à chamada “produtividade” etc. sem se importar muito com os meios para tal e/ou o impacto do conhecimento produzido em termos de uma avaliação quantitativa e do avanço do conhecimento, isto é, da produção de conhecimento efetivamente novo. Resulta, dessa maneira, o fato de não se dar ou investir mais valor ao nome do pesquisador-professor, pós-graduando ou técnico do que ao nome e à condição da universidade ao qual pertence: UFSC, pública e gratuita, proprietária de um laboratório multiusuário.

Como relação imediata e trabalho presente e passado, o LCME só pode ser apreendido em sua complexidade quando se analisa a natureza do conhecimento que é produzido, ‘nanocientífico’, ou seja, relacionado aos elementos mais simples que constituem a matéria (o que foi observado no processo de preparação de amostras), e ao modo com que é feito, isto é, aos seus equipamentos, aparelhos, técnicas, ciências interdisciplinares e sujeitos envolvidos. Revela-se, assim, em termos históricos, um precedente não registrado na história do modo de produção capitalista acerca do conhecimento sobre as coisas e da humanidade sobre si mesma, mas que remonta, em suas origens, à superação do limite alcançado pelas forças produtivas sociais vinculadas à grande indústria moderna.

Evidencia-se, no entanto, a limitação de se compreender a produção do conhecimento como “números” (e isso não apenas analisando-se os Relatórios de Gestão da PRPe/UFSC), desse tipo de qualidade e que não responde bem como aferição ao avanço do conhecimento.

Além disso, a investigação pormenorizada do processo de produção do conhecimento nanocientífico revelou que o conhecimento produzido por meio do LCME se pauta em conhecimentos que já estão objetivados/explicitados como trabalho passado e trabalho presente.

Ao discorrer-se sobre a Ciência, as técnicas e a tecnologia dos microscópios envolvidas na produção do conhecimento nanocientífico, a partir do que foi visto no LCME, foi verificado que as relações sociais remetem à existência de uma interdisciplinaridade entre as diferentes áreas, tais como a biologia, a química, as engenharias, a física dentre outras, o que transcende os limites da UFSC. E isso não somente como

trabalho passado, mas como trabalho presente. Quer dizer, chama atenção o processo quase “artesanal” e, por isso, o destaque forte ao trabalho presente no processo de produção. Viu-se, dessa maneira, que, para além da aparência inicial (e/ou opressora) estruturante (correspondente ao elemento morto do humano), o humano vivo se faz presente e essencial ao processo, o qual se revelou fundamentado sobre o objeto, quer dizer, não sobre o trabalho, como na manufatura capitalista, e nem sobre os instrumentos, como na grande indústria moderna.

Uma quarta conclusão deriva da reflexão sobre as superações e permanências, bem como as mediações no que diz respeito à forma de produção laboratorial, e a possível relação destes elementos à educação.

Nas observações, levantamentos de dados e relatos emergiu pela primeira vez na pesquisa, desde o início dos estudos, em 2003, que culminaram na dissertação de mestrado (CAMPANA, 2006), a categoria interdisciplinaridade, como o tipo de intercâmbio manifestado pelas relações sociais de produção do conhecimento nanocientífico.

A interdisciplinaridade é observada como princípio fundante da produção do conhecimento nanocientífico, tanto em relação às ciências e tecnologias envolvidas, como aos elementos funcionais e princípios fundantes da microscopia eletrônica e àqueles relacionados à preparação das amostras. Supõe uma diversidade de idéias sobre o que é o fazer científico (nos diferentes campos de conhecimentos), reflexo do próprio modo de fazer ciência nas diferentes áreas, porém que aparecem em intercâmbio e interação no LCME, principalmente na análise das amostras.

O estudo das peculiaridades dos microscópios eletrônicos evidenciou a importância do processo/trabalho de preparação/elaboração de amostras. Foi esse estudo que ressaltou o trabalho vivo como elemento fundante do processo, posto que se revela vinculado ao aperfeiçoamento dos conhecimentos inicialmente adquiridos e que já estão explicitados, tornando-se dependente de uma espécie de maestria, cujo desenvolvimento está pautado no intercâmbio e cooperação entre servidores técnicos, pós-graduandos e pesquisadores-professores (em todas as triangulações possíveis).

Desta maneira, o capital, que busca acelerar a produção do conhecimento nanocientífico e preferencialmente aplicado, vê o complexo processo de produção e avanço de conhecimento - que é dependente do intercâmbio entre diversas áreas da Ciência e suas técnicas, materializado nos equipamentos e aparelhos, mas, também, fundamentalmente nos sujeitos detentores de uma maestria tácita, quase artesã -, como “freio”, dado que não é pautada à moda de uma produção industrial, não depen-

de do tempo e processo de trabalho, mas tem um ritmo compatível com um tempo e processo de produção específico, que depende de relações interdisciplinares, mas que se colocam como necessidade de se compreender o objeto.

Portanto, no LCME, a produção do conhecimento nanocientífico fundamenta-se na excelência da infraestrutura, nos equipamentos e nos aparelhos de ponta, mas crucialmente por meio do trabalho presente, cujos integrantes, na figura dos servidores técnicos, atuam como imanência do *general intellect*. Os servidores técnicos possuem um conhecimento complexo e altamente específico, expansivo para a interdisciplinaridade.

O processo revela continuidades, velhos debates, valores que se conservam, aspirações e tensões que surgem numa nova linguagem formada pelas variantes de uma nova cultura nanocientífica, em que o avanço do conhecimento se afirma pelo intercâmbio interdisciplinar, tanto prático como teórico.

Verificou-se que o processo de ensino e aprendizagem é também interdisciplinar e que tende a levar ao questionamento da divisão entre ‘aqueles que pensam’ e ‘aqueles que executam’. As relações pedagógicas extrapolam o ambiente formal da sala de aula, a leitura de livros e artigos etc. e as noções formais de ciência, carreira, prestígio e autoria, corroborando os estudos de Knorr-Cetina (2010). Nesse sentido, observa-se o trabalho conjunto, coletivo, mesmo quando as produções são individuais, a importância maior às descobertas, ao conhecimento novo, e não ao “nome” de pesquisadores, as/os frequentes trocas/intercâmbios sobre conhecimentos a respeito de procedimentos, técnicas e resultados, os quais estabelecem muito mais do que aquele ‘conhecimento compartilhado’ que a continuidade do conhecimento exige, sendo uma forma de expressão do *general intellect*. No entanto, permanece a importância individual e formal do pesquisador, se é professor, pós-graduando ou técnico, o que tende a reafirmar a autoria e as posições hierárquicas.

A quinta conclusão é que esta pesquisa corrobora o que foi constatado anteriormente por Campana (2006). Diz respeito à afirmação do homem como ser pensante, não porque isso se relacione a um processo de trabalho intelectual, mas porque trata-se de um processo e tempo de produção que tem por pressuposto histórico a decomposição da subjetividade do trabalhador coletivo objetivado nas máquinas. Por necessidade, dessa maneira, a subjetividade agora é objetiva e material, posta por equipamentos e aparelhos que decompõem o objeto sobre o qual se trabalha, e não por um maquinário que visa imprimir formas exteriores ao objeto e sua ciência que visa aperfeiçoar o instrumental com o qual se

trabalha (embora isso aconteça atualmente, mas por reconfiguração de alterações propiciadas por modificações na estrutura da matéria).

Porque, a riqueza efetiva da sociedade e a possibilidade de ampliar sempre o processo de reprodução não depende da duração do trabalho excedente, mas da produtividade do trabalho excedente e do grau de eficiência das condições sociais de produção em que se efetua (MARX, 1983a, 1983b, 1989). E este grau atualmente consiste na decomposição e recomposição dos elementos mais simples da matéria.

Nesse sentido, resgatou-se o conceito marxiano de *general intellect*, buscando-se analisar de que maneira ele se materializa na produção nanocientífica laboratorial.

Uma das constatações de Campana (2006), a partir da decomposição das forças produtivas atuais (entendidas e chamadas pelos homens de ‘nanociência’) é que em determinado nível histórico a grande indústria no século XIX ao se desenvolver, necessariamente mediante a aplicação tecnológica da ciência, engendrou o próprio elemento de sua “supressão”: o ‘laboratório’, que inicialmente era uma parte anexa à grande indústria moderna.

Conforme o desenvolvimento daquela grande indústria moderna, condição necessária para que os homens reproduzissem sua vida, eles mesmos foram produzindo que essa condição só podia se fazer mediante a “aplicação tecnológica da ciência”. Entretanto, a decomposição dos elementos da máquina e os fenômenos por ela suscitados entraram em contradição com os conhecimentos clássicos que inicialmente a engendraram. Assim, “emergiu” uma base científica laboratorial, no século XX, processo que não se adapta nem à decomposição histórica trabalho (manufatura) nem à dos instrumentos de produção (grande indústria moderna), mas à necessidade de (re)composição dos elementos mais simples da matéria a partir da decomposição do objeto sobre o qual se trabalha. Distintamente do laboratório agregado e dependente da grande indústria, esta base se mostra como determinado nível do desenvolvimento das forças produtivas que está completamente emancipado dos limites impostos pelo processo da grande indústria (o qual transformava o objeto exteriormente, sua forma exterior, sem compreender sua composição atômica/molecular).

A Ciência, portanto, como trabalho passado passou a ser o critério com o qual os homens produzem sua existência e não mais o trabalho vivo (algo que já tinha sido colocado historicamente pela grande indústria). Porém, manifesta-se ao lado desta Ciência como trabalho passado, o homem pensante, que, sendo teleologicamente construído pelo processo produtivo, agora *cria* pelo pensamento, pela ideação ma-

terializada. O conceito de *general intellect* buscou exprimir essa relação teórica, empírica, histórica e metodológica. Onde, surpreendentemente, o “pensamento que cria” (ou, *general intellect*) mostra que a educação (como produção do conhecimento) efetivamente tem um sentido duplo: de constituir uma possibilidade de constituição do ser humano, embora seja desenvolvido e sirva ao capital.

O termo *general intellect* aparece nos *Grundrisse*, de Marx, e significa o conhecimento em geral ou o saber do qual hoje depende a produtividade social, quando o pensamento deixa de ser uma atividade não-aparente e se faz exterior ou “pública” irrompendo no processo produtivo. Corroborado por Prado (2003), são os conhecimentos que se encontram “dentro das cabeças” dos trabalhadores e em parte nas próprias máquinas que são distribuições descentralizadas de um todo altamente complexo de saberes científicos, tecnológicos e produtivos, e que Marx chama de intelecto geral.

Numa síntese, dir-se-ia que as relações sociais estudadas apontam elementos novos (mas não de superação, pois ainda precisam ser melhor estudados), porém com dificuldades para irromper os elementos velhos. No limite, dir-se-ia que existem também elementos de negação.

Finalmente, são tecidas algumas considerações finais sobre o tema e sua relação com a educação geral. Com base na presente pesquisa a educação geral deve ser vista como aquela que oferece não somente as qualificações básicas, tais como escrever, ser alfabetizado computacional, possuir domínio básico desses meios e pensar, ou seja, desenvolver a habilidade de saber buscar, documentar, comparar, classificar, generalizar, aplicar e criticar informações. Para além desses aspectos, é concebida como aquela que oferece condições materiais de intercâmbio e troca sociais de experiências/vivências teóricas e práticas, vinculadas ao mesmo universo (ou seja, o que se passa no mesmo domínio de atuação) e, ao mesmo tempo, a universos distintos (ou seja, o que se passa em outros domínios de conhecimento). Trata-se de estabelecer interrelações entre conhecimentos de diferentes áreas, o que permite exprimir em determinado grau o elemento social, cultural, político e histórico. As habilidades requeridas, portanto, são essencialmente gerais, específicas e críticas, mas antes de tudo históricas, ou seja, dadas em certo tempo e espaço.

O conhecimento nanocientífico não se apresenta como algo fora dos indivíduos, desconectado das necessidades humanas e do capital. No entanto, evidencia-se como um processo social/coletivo de construção, tanto é verdade que remete atualmente a dilemas éticos e morais sobre para o que e como deve ser utilizado e se todas as áreas do conhecimen-

to devem ter acesso e discutir o assunto. Situa-se muito além de *softwares*, equipamentos, manuais e treinamentos, sejam teóricos, sejam práticos.

É uma construção interdependente das condições sociais gerais materiais, sendo histórica criação e recriação de todos os homens e que, por isso, imprime significado e finalidade à atividade. E nenhum pacto tecnológico ou saber sintetizado prescinde desse momento teleológico do homem. Não poderá, por isso, desenvolver-se de maneira concentrada, confiscada por um corpo de especialistas. Afinal, não há nenhuma natureza posta, aguardando para ser “descoberta”, pois assim como os homens são produto e resultado das relações sociais pretéritas e presentes, o mesmo ocorre com o conhecimento e a educação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE NOTÍCIAS. Editorial Medicina e Saúde. **Nanotecnologia cria nova geração de materiais para a saúde**. 2009. Disponível em < <http://www.abn.com.br/editorias1.php?id=54821> >. Acesso em 12 nov. 2009.

ALBINATI, Ana Sela Castelo Branco. Marx, leitor de Demócrito e Epicuro. In: **Verinotio – Revista Online de Educação e Ciências Humanas**, n.3, ano 3, p. 1-30, out.2005. Disponível em < <http://www.verinotio.org/conteudo/0.33355757997703.pdf> >. Acesso em 13 mai. 2013.

ALVES, Lucia Vinheiras. **Aplicações à escala nano podem impulsionar economia mundial**. 1 de junho de 2010. Disponível em < <http://www.tvciencia.pt/tvcnot/pagnot/tvcnot03.asp?codpub=23&codnot=12> >. Acesso em 2 jun. 2010.

ALVES, Oswaldo Luiz. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. **Revista Parcerias Estratégicas**, 18(1), p. 23-40, 2004. Disponível em < http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/138/132 >. Acesso em 26 abr. 2013.

_____. **Para certas nanopartículas, a pele não é obstáculo!** Laboratório de Química do Estado Sólido. Nanoriscos. Campinas: UNICAMP, 2008. Disponível em < http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2008/lqes_news_novidades_1222.html > Acesso em 26 abr. 2013.

ALVEZ, Carina da Cunha, BOFF, Salette Oro. Faces da nanotecnologia: mecanismo possível para a tutela ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DO CONSELHO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO – CONPEDI, Universidade Federal de Uberlândia, 21, 2012, Uberlândia. **Anais ...**, Uberlândia, 2012, p. 1-20. Disponível em < <http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=3b5dca501ee1e6d8> >. Acesso em 26 abr. 2013.

AMORIM, Tade-Ane de. Nanotecnologia na imprensa: análise de conteúdo do jornal Folha de São Paulo. **Em Tese - Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC**, Florianópolis v.4 n.2 (2), p. 20-36, janeiro-julho, 2008. Disponível em < <http://150.162.1.115/index.php/emtese/article/view/1806-5023.2008v4n2p20/12347> >. Acesso em 27 abr, 2013.

RAPOSO, Hélder; AREOSA, João. As novas tecnologias médicas e a reconfiguração da saúde: entre riscos e incertezas. In: CONGRESSO LUSO-AFRO-BRASILEIRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS, X, 2009, **Anais ...** [Comunicação oral], Universidade do Minho, 2009. Disponível em: < <http://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/916> >. Acesso em 13 abr. 2013

AUED, Idaletto M. Capital e emancipação humana: o ser social. In: AUED, Bernadete W. (Org.). **Educação para o (des) emprego: ou quando estar liberto da necessidade emprego é um tormento**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1999. p. 109-131.

____ Dois dedos de prosa sobre *O Capital*. **Revista Geosul**, Depto. de Geociências, CFH, UFSC, Florianópolis, v.17. n.34. jul-dez., 2002.

____ **Alienação, divisão do trabalho e manufatura em Karl Marx: ou de como libertar o trabalhador do trabalho**. Programa de Pós-graduação em Sociologia, Unesp, dez-2004. (Tese de Pós-Doutorado) (Texto Inédito).

____ **Alienação, maquinaria e grande indústria moderna em Karl Marx: ou de como o homem se liberta do trabalhador**. Programa de Pós-graduação em Sociologia, Unesp, mar-2005. (Tese de Pós-Doutorado) (Texto Inédito).

____ **Transcendência (*aufhebung*), alienação, manufatura e maquinaria em Karl Marx; ou de como o homem supera sua desumanização e faz-se homem plenamente desenvolvido**. Programa de Pós-graduação em Sociologia, Unesp, jun-2005a. (Tese de Pós-Doutorado) (Texto Inédito).

BARROS, Rosa Maria da Silva. **Nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos - riscos potenciais, necessidades regulatórias e proposta de instrumento para verificar opiniões sobre riscos potenciais à saúde e ao ambiente**. 76 f. 2011. Dissertação (Mestrado) – Es-

cola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em <
bvssp.icict.fiocruz.br/lildbi/docsonline/get.php?id=2574>. Acesso em 27 abr. 2013.

BARTH, Wilmar Luiz. Nanotecnologia - "Há muito espaço lá embaixo!". **Teocomunicação – Revista da Teologia da PUCRS**, v. 36, No. 153, 669-695, set., 2006. Disponível em <
<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/teo/article/viewFile/1754/1287>>. Acesso em 26 abr. 2013.

BENTO, Alessandra Pellizzaro. **Histórico da biologia celular**. 8 mar. 2012. Aula 3, Disciplina de Biologia Celular. CESNORS-UFSM. Disponível em <
<http://www.cesnors.ufsm.br/professores/alessandrapb/disciplina-biologia-celular-2012/Aula%203%20-%20Historico%20da%20Biologia%20Celular%20e%20Microscopia.pdf>>. Acesso em 19 mar. 2013.

BIANCHETTI, L. Da **chave de fenda ao laptop**: Tecnologia digital e novas qualificações desafios à educação. Petrópolis/RJ: Vozes, 2001.

BIANCHETTI, L.; MACHADO, A. M. N. Publicar & morrer!? Análise do impacto das políticas de pesquisa e pós-graduação na constituição do tempo de trabalho dos investigadores. **Educação, Sociedade & Culturas**, Porto, n. 28, p. 51-67, 2009. Disponível em <
www.fpce.up.pt/ciie/revistaesc/ESC28/28_lucidio.pdf>. Acesso em 24 abr. 2013.

BOURDIEU, Pierre. O campo científico. **Actes de Ia Recherche en Sciences Sociales**, n. 2/3, jun. 1976, p. 88-104. Tradução de Paula Monteiro. Disponível em <
http://www.fcm.unicamp.br/grupos/gehcs/arquivos/2008/bordieu_scanner.pdf>. Acesso em 18 mai. 2013.

BRAZIL, Carlos. **O que é, como evoluiu e em que dimensão se encontra a nanotecnologia** Disponível em <
<http://noticias.universia.com.br/ciencia-tecnologia/noticia/2004/10/08/497004/nanotecnologia.html>>, p. 1-5. Acesso em 8 out. 2004.

CAMPANA, Samya. **A emancipação humana a partir da síntese histórica do desenvolvimento das forças produtivas sociais: o sistema de laboratório**. 256 f. 2006. Dissertação (Mestrado em economia) – Programa de pós-graduação em Economia, Centro Sócio-Econômico, UFSC, Florianópolis, 2006.

CARDOSO, Fátima. **Nanotecnologia: a arte de montar matéria átomo por átomo**. Documento de internet, mar., 2005. Disponível em < <http://www.geocities.com/capacanaveral> >. Acesso em 13 jul. 2005.

CASTRO, Luiz Antonio Suita de. **Processamento de mostras para microscopia eletrônica de varredura**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002 [1ª impressão]. Disponível em < http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/documentos/documento_93.pdf >. Acesso em 6 abr. 2013.

CEZAR, Genilson. Investimento em nanotecnologia no Brasil é discreto. In: **Valor Econômico**. 12 dez. 2011. Disponível em < <http://www.revistadigital.com.br/2011/12/investimento-em-nanotecnologia-no-brasil-e-discreto/> >. Acesso em 16 mar. 2013.

CHAUÍ, Marilena. Universidade operacional. In: **Folha de São Paulo**, São Paulo, 09 mai. 1999. Caderno Mais! p. 3. Disponível em < http://www1.folha.uol.com.br/fof/brasil500/dc_1_3.htm >. Acesso em 3 mai. 2013.

_____. A universidade pública sob nova perspectiva. In: **Revista Brasileira de Educação**, n.24, p. 1-15, set/out/nov/dez., 2006. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n24/n24a02.pdf> >. Acesso em 3 mai. 2013.

CIÊNCIA HOJE. **Espinha dorsal pode ser restaurada com nano esferas**. 9 de novembro de 2009. Disponível em < <http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=36758&op=all> >. Acesso em 10 nov. 2009.

COLLIN, Daniel. Epicuro e a formação do pensamento de Karl Marx. In: **Politeia: Hist. e Soc.**, Vitória da Conquista, Bahia, v.6, n.1, p. 15-27, 2006. Disponível em < <http://periodicos.uesb.br/index.php/politeia/article/view/203/225%E2%80%8E> >. Acesso em 13 mai, 2013.

COMCIÊNCIA. Nanotecnologia une diferentes visões sobre ciência. In: **Revista ComCiência: Nanotecnologia&Nanociência**, n.37, nov., 2002. Disponível em < <http://www.comciencia.br> >. Acesso em 14 jun. 2005.

CUPANI, Alberto. Limites da ciência? **Episteme**, Porto Alegre, n.10, p. 17-22, jan-jun., 2000.

_____. **Filosofia da tecnologia: um convite**. Florianópolis: Ed.UFSC, 2011.

DEDAVID, Berenice A., GOMES, Carmem I., MACHADO, Giovanna. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparações de amostras (materiais poliméricos, metálicos e semicondutores)**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. Disponível em < <http://www.pucrs.br/edipucrs/online/microscopia.pdf> >. Acesso em 5 mai. 2010.

DE MARI, Cezar Luiz. **“Sociedade do conhecimento” e educação superior no Brasil na década de 1990: o Banco Mundial e a produção do desejo irrealizável de *Midas***. 265 f. 2006. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-graduação em Educação, Centro de Ciências da Educação, Florianópolis, SC.

_____. Sociedade do conhecimento: ideologia acerca da resignificação do conhecimento. In: *Perspectiva*, Florianópolis, v.26, n.2, p. 619-638, jul./dez., 2008. Disponível em < http://www.perspectiva.ufsc.br/perspectiva_2008_02/Cezar.pdf >. Acesso em 4 mai. 2013.

DIAS, Paula. Trabalho invisível. In: **O Globo**. 31 de outubro de 2010. Disponível em < <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=74435> >. Acesso em 1 nov. 2010.

DIAS, Ana Paula, MOREIRA, Vanessa Priscila. **Microscopia**. Universidade Federal de São João Del Rei. Departamento de Ciências Naturais, p. 1-19. Disponível em < <http://pt.scribd.com/doc/57092502/microscopia> >. Acesso em 11 mar. 2013.

DUTRA, Fábio Neri. **O tratamento jurídico dos riscos produzidos por cosméticos baseados em materiais nanoestruturados**. 38 f. 2009. Monografia (Graduação em Direito) - Centro Universitário Franciscano – UNIFRA, Santa Maria, 2009. Disponível em < http://lqes.iqm.unicamp.br/images/vivencia_lqes_monografias_dutra_tratamento_juridico.pdf >. Acesso em 26 abr, 2013.

ENGELMANN, Wilson. Os avanços nanotecnológicos no Século XXI: os direitos humanos e os desafios (éticos) da regulamentação jurídica. In: ANUARIO DE DERECHO CONSTITUCIONAL LATINOAMERICANO, Montevideu, v. 15, p. 541-557, 2009. Disponível em < <http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/dconstla/cont/2009/pr/pr32.pdf> ? >. Acesso 26 abr. 2013.

EPOCH TIMES. **Nanoestruturas russas antigas**. 22 de maio de 2012. Disponível em < <http://www.epochtimes.com.br/nanoestruturas-russas-antigas-2/> >. (Ciência e Tecnologia). Acesso em 18 mai. 2013.

ESTAÇÃO CIÊNCIA. A Energia e as Transformações Químicas: a combustão química. In: **Estação Ciência**: Exposições apresentadas na Eciência. USP. p. 4. Disponível em < <http://www.eciencia.usp.br/exposição> >. Acesso em 26 jul. 2005.

ETGES, Norberto J. Ciência, interdisciplinaridade e educação. In: JANTSCH, Ari Paulo, BIANCHETTI, Lucídio (Orgs.). **Interdisciplinaridade**: para além da filosofia do sujeito. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011, p. 60-94.

EVANGELISTA, Olinda. Publicar ou morrer. In: BIANCHETTI, Lucídio; MACHADO, Ana maria N. (Org.). **A bússola do escrever. Desafios e estratégias na orientação e escrita de teses e dissertações**. 2.ed. Florianópolis: EDUFSC; SP: Cortez, 2006. Disponível em < www.gepeto.ced.ufsc.br/downloads/.../Captulos/publicaroumorrer.pdf >. Acesso em 24 abr. 2013.

FARIA, Edinete Maria de. *et al.* Nanotecnologia e meio ambiente: uma análise sobre os riscos e benefícios dessa tecnologia em um contexto atual. **Biofar, Rev. Biol. Farm**, Campina Grande/PB, v. 9, n. 1, p. 126-134, março/maio, 2013. Disponível em < <http://eduep.uepb.edu.br/biofar/v9n1/NANOTEKNOLOGIA%20E%20>

MEIO%20AMBIENTE%20-%20Farias%20et%20al%20v.2.pdf >. Acesso em 26 abr. 2013.

FAUSTO, Ruy. **Marx: lógica e política**. Livro I e II. São Paulo: Brasiliense, 1987.

____ **Marx: lógica e política**. Livro III. São Paulo: Ed.34, 2002

FERNANDES, Maria Fernandes Marques. Google, nanotecnologia e historiografia da ciência do tempo presente. **Revista Bras. de Cien., Tec. e Soc.**, v.2, n.1, p. 99-108, jan./jun., 2011. Disponível em < <http://www.revistabrasileiradects.ufscar.br/index.php/cts/article/viewFile/125/52> >. Acesso em 26 abr. 2013.

FERRAZ NETO, Luiz. **Primeiros passos da física moderna**. s.d. Disponível em < <http://www.feiradeciencias.com.br/sala19/texto62.asp> >. Acesso em 05 ago. 2005.

FERRONATO, Rafael Luiz. **Nanotecnologia, ambiente e direito: desafios para a sociedade na direção a um marco regulatório**. 111 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-graduação em direito, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS, 2010. Disponível em < http://tede.uces.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=343 >. Acesso em 26 abr. 2013.

FEYNMAN, Richard. Há muito espaço lá embaixo: um convite para penetrar em um novo campo da física. 1959. In: **ComCiência: Nanotecnologia&Nanociência**. n.37, nov., 2002. Disponível em < <http://www.comciencia.br> >. Acesso em 16 jul. 2005.

FERRETI, Celso João. Reformas educacionais: entre as utopias burguesas e a transformação social. In: TUMOLO, Paulo S., BATISTA, Roberto Leme (Orgs.). **Trabalho, economia e educação: perspectivas do capitalismo atual**. Maringá: Práxis; Massoni, 2008, p. 187-204.

____ Sociedade do conhecimento e políticas de educação profissional de nível técnico no Brasil. **Cadernos de Pesquisa**, vol.38 no.135 São Paulo Sept./Dec. 2008a. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-15742008000300005 >. Acesso em 18 jun. 2013.

FIGUEIRA, Fani Goldfarb. O trabalho como primeira necessidade humana: uma concepção da história. **Cadernos do Arquivo de História**. São Carlos: UFScar, 1987.

FLAIN, Valdirene S. A nanotecnologia e o direito do consumidor à informação: perspectivas de proteção na sociedade de risco. **Revista da Faculdade Mineira de Direito**, PUC-MINAS, v.14, n.28, p. 31-52, 2011. Disponível em < <http://periodicos.pucminas.br/index.php/Direito/article/view/2472/pdf> >. Acesso em 26 abr, 2013.

FRANCO, Cesar Vitório. Sistema Nacional de Nanotecnologia – Sis-Nano/UFSC: Laboratório Interdisciplinar de desenvolvimento de nanoestruturas – LINDEN. [Resumo da apresentação]. **Simpósio Técnico-Empresarial de Nanotecnologia**, II, mar. 2013, Caderno de Informações, Florianópolis, 2013. Disponível em < http://www.apinano.certi.org.br/apresentacao/caderno_apinano.pdf >. Acesso em 9 abr. 2013.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 17ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987. Disponível em < http://www.mda.gov.br/portalsaf/arquivos/view/ater/livros/Pedagogia_d_o_Oprimido.pdf >. Acesso em 25 abr. 2013.

FREITAS, M. E. O Pesquisador hoje: entre o artesanato intelectual e a produção em série. **Cad. EBAPE**. Brasil, v.9, n.4, p. 1158–1163, 2011. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1679-39512011000400013&script=sci_arttext >. Acesso em 24 abr. 2013.

FRONZA, Tassiana. **Estudo exploratório de mecanismos de regulação sanitária de produtos cosméticos de base nanotecnológica**. 84 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em < <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10380/000597943.pdf?sequence=1> >. Acesso em 26 abr. 2013.

GALLETI, Silvia R. **Microscopia**. Instituto Biológico. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal. s.d. (*Power Point* de

Palestra). Disponível em < [http://www.ige.unicamp.br/site/aulas/120/Microscopia%20eletronica.pp#268,9,Slide 9](http://www.ige.unicamp.br/site/aulas/120/Microscopia%20eletronica.pp#268,9,Slide%209) >. Acesso em 6 jul. 2011.

_____. Introdução à microscopia eletrônica. In: **Biológico**, São Paulo, v.65, n.1/2, p. 33-35, jan./dez., 2003. (Palestra). Disponível em < http://app.catholicasc.org.br/ead/webteca_ordenada/arquivos/webteca12788/Galleti_Introducao_a_microscopia_eletronica.pdf >. Acesso em 19 mar. 2013.

GARACISI FILHO, Fabio A., CAMARA, Marcia R. G. da, SEREIRA, Vanderlei J. O desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil. In: CONGRESSO VIRTUAL BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO – CONVIBRA, 8, 2011, **Congresso virtual** - <http://www.convibra.com.br>. Disponível em http://www.convibra.com.br/upload/paper/adm/adm_2677.pdf >. Acesso em 27 abr. 2013.

GARCIA, Nilson Marcos Dias. Novas Tecnologias...Não tão novas! **Revista Educação e Tecnologia**: periódico técnico científico dos programas de pós-graduação em tecnologia dos CEFETs PR/MG/RJ, n.6 p. 129-143, 2003. Disponível em < <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/revedutect/article/viewFile/1080/682> >. Acesso em 5 jun. 2005.

GLEISER, Marcelo, NEVES, Frederico. *Mundos invisíveis: da alquimia à física de partículas*. Rio de Janeiro: Editora Globo, 2008. Disponível em < <http://globolivros.globo.com/downloads/pdf/mundosinvisiveis.pdf> >. Acesso em 13 mai. 2013.

GODOI, Christiane K., XAVIER, Wlamir G. O Produtivismo e suas Anomalias. **Cad. EBAPE**. Brasil, vol.10, no.2, Rio de Janeiro, Jun. 2012. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/cebape/v10n2/v10n2a12.pdf> >. Acesso em 24 abr. 2013.

GORDON, José L. P. Leite. **Políticas para Nanotecnologia no Brasil – 2004/2008**. 173 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós-graduação em Economia, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2010. Disponível em <

<http://www.ie.ufrj.br/images/pesquisa/publicacoes/dissertacoes/2010/Jos%C3%A9%20Luis%20Gordon.pdf> >. Acesso em 27 abr. 2013.

GRECA, Ileana Maria, MOREIRA, Marco Antonio, HERSCOVITZ, Victoria E.. **Uma proposta para o ensino de mecânica quântica.** *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2001, vol.23, n.4, p. 444-457. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v23n4/v23n4a10.pdf> >. Acesso em 27 abr. 2013.

GREENE, Brian. **O tecido do cosmo:** o espaço, o tempo e a textura da realidade. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

GROOTE, Jean-Jaques. Max Planck e o início da Teoria Quântica. In: ComCiência. **Física Moderna:** mito e ciência. n.20, mai., 2001. Disponível em < <http://www.comciencia.br> >. Acesso em 05 ago. 2005.

GUAZZELLI, Maria José, PEREZ, Julian. **Nanotecnologia:** a manipulação do invisível. Centro ecológico / Fundação Henrich Boll: 2009. Disponível em < <http://www.boell-latinoamerica.org/downloads/RevistaNanotecnologia.pdf> >. Acesso em 29 abr. 2013.

GUIMARÃES, Valeska Nahas. **Novas Tecnologias de Produção de Base Microeletrônica e Democracia Industrial: estudo comparativo de casos na Indústria Mecânica de Santa Catarina.** 473 f. 1995. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

HAYASHI, Maria Cristina Piumbato Innocentini *et al.* Em direção à construção de Indicadores Regionais de Nanociência e Nanotecnologia. **Revista Bras. de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v.2, n.3, p. 85-127, set-dez, 2006. Disponível em < <http://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/32/27> >. Acesso em 26 abr. 2013.

HOCHMAN, Gilberto. A ciência entre a comunidade e o mercado: leituras de Kuhn, Bourdieu, Latour e Knorr-Cetina. In: PORTOCARREIRO, Vera (Org.). **Filosofia, história e sociologia das ciências I:** abordagens contemporâneas. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 1994, p. 199-231.

HOMRICH, Sabrina *et al.* **Microscopia eletrônica de transmissão.** s.d. Apresentação de *power point*. Disciplina de Biofísica molecular, Curso de Farmácia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em < w3.ufsm.br/piquini/biomol09/microscopia_eletronica.ppt >. Acesso em 19 mar. 2013.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Novo microscópio mostra vírus em escala atômica pela primeira vez.** 11 de maio de 2010. Disponível em < <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=microscopio-ver-atomos&id=010165100511> >. Acesso em 11 mai. 2010.

____ **Governo cria o SisNano - Sistema de Laboratórios em Nanotecnologias.** 11 de abril de 2012. Disponível em < <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=sisnano&id=010175120411> >. Acesso em 9 abr. 2013.

INVERNIZZI, Noela C.. **Novos rumos do trabalho: mudanças nas formas de controle e qualificação da força de trabalho brasileira.** 470 f. 2000. Tese (Doutorado em Geociências) – Programa de Pós-graduação em Política Científica e Tecnológica, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000. Disponível em < <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000219036> >. Acesso em 13 abr. 2010.

JANTSCH, Ari Paulo, BIANCHETTI, Lucídio. Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito. In: ____ (Orgs.). **Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2011, p. 19-33.

____ Imanência, história e interdisciplinaridade. In: ____ (Orgs.). **Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2011a, p. 155-171.

____ Universidade e interdisciplinaridade. In: ____ (Orgs.). **Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2011b, p. 172-182.

JORDÃO, Fabio. **O que é nanotecnologia?** 6 de agosto de 2009. Disponível em < <http://www.tecmundo.com.br/amd/2539-o-que-e-nanotecnologia-.htm> >. Acesso em 8 ago. 2009.

LANNA, M. A., *et al.* Torneamento de ferro fundido cinzento com ferramentas cerâmicas à base de nitreto de silício produzidas por sinterização normal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 48, 2004, Curitiba, Paraná. **Anais ...**, Curitiba, PR, 2004, p. 1-10. Disponível em < <http://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbc/2004/artigos/48cbc-9-19.pdf> >. Acesso em 25 abr. 2013.

_____. Otimização de custos de produção de ferramentas utilizando sinterização normal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 48, 2004a, Curitiba, Paraná. **Anais ...**, Curitiba, PR, 2004a, p. 1-10. Disponível em < <http://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbc/2004/artigos/48cbc-9-16.pdf> >. Acesso em 25. Abr. 2013.

KNORR-CETINA, Karin. Acelerador de gente. **Folha de São Paulo**, 2/5/2010. Entrevista concedida a José Galisi-Filho. Disponível em < <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=70624> >. Acesso em 17 mai. 2010.

_____. **The manufacture knowledge**: na essay on the constructivist and contextual nature of science. Oxford: Pergason Press, 1981.

KOCH, Junior Antunes. **Síntese e caracterização de microesferas híbridas de carbono – níquel**. 65 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009. Disponível em < <http://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/92271/267032.pdf?sequence=1> >. Acesso em 24 mar. 2013.

KOSIK, Karel. **Dialética do concreto**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2010.

KUHN, Thomas. **A estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1976.

LATOUR, Bruno, WOOLGAR, Steve. **A vida de laboratório**: a produção dos fatos científicos. Rio de Janeiro: Relumé Dumará, 1997. Dispo-

nível em < <http://pt.scribd.com/doc/58509665/Latour-Bruno-A-Vida-de-Laboratorio-a-Producao-dos-Fatos-Cientificos-1> >. Acesso em 18 mai. 2013.

LAURETH, Waleska C., INVERNIZZI, Noela C. Educando a força de trabalho em nanotecnologia no Brasil: demandas da indústria e oferta das universidades. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, Maringá, v. 34, n. 2, p. 205-216, July-Dec., 2012. Disponível em < <http://edueojs.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/view/18781/pdf> >. Acesso em 27 abr. 2013.

LÊDO, João Carlos Silva de, HOSSNE, William Saad, PEDROSO, Margareth Zabeu. Introdução às questões bioéticas suscitadas pela nanotecnologia. **Bioethikos**, Centro Universitário São Camilo, São Paulo, (1):61-67, 2007. Disponível em < http://www.saocamilosp.br/pdf/bioethikos/54/Introducao_as_questoes.pdf >. Acesso em 26 abr.2013.

LEITE, Fernando C. Lima. O conhecimento tácito na dinâmica da pesquisa: alguns indícios. **Data Grama Zero**, Revista de Ciência da Informação, v.8, n.3, 2007. Disponível em: < http://www.dgz.org.br/jun07/Art_01.htm >. Acesso em 07 jun. 2013.

LENZ E SILVA, Guilherme F. Bernardo. **Nanotecnologia: avaliação e análise dos possíveis impactos à saúde do trabalhador no manuseio, síntese e incorporação de nanomateriais em compósitos refratários de matriz cerâmica**. 73 f. 2008. Monografia (Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em < http://www.fundacentro.gov.br/dominios/NANO/anexos/Monografias/guilherme%20lenz_nanotecnologia%20avaliao%20e%20anlise%20dos%20possvs%20impactos.pdf >. Acesso em 26 abr, 2013.

LESSA, Bia. **Apresentação**. In: MUSIL, Robert. O homem sem qualidades. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2006.

LESSA, Sérgio. Reprodução e ontologia em Lukács. **Trans/Form/Ação**, Sao Paulo, 17: 63-79, 1994. Disponível em <

<http://www.scielo.br/pdf/trans/v17/v17a06.pdf> >. Acesso em 15 jun. 2013.

LEONEL, André Ary. **Nanociência e nanotecnologia: uma proposta de ilha interdisciplinar de racionalidade para o ensino de física moderna e contemporânea no ensino médio**. 215 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Centro das Ciências da Educação, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/94571/276442.pdf?sequence=1>>. Acesso em 26 abr. 2013.

LIMA, Idalice R. S., OLIVEIRA, Régia C., Maria V. Academic life: trabalho docente nas universidades federais brasileiras. **Revista HISTEDBR Online**, Campinas, número especial, n.38e, p. 239-250, ago., 2010. Disponível em <http://www.histedbr.fae.unicamp.br/revista/edicoes/38e/art15_38e.pdf>. Acesso em 3 mai. 2013.

LIMA, Maria Consuelo A., ALMEIDA, Maria Jose P. M. de. Articulação de textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial de professores de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 4401, p. 4401-1 a 4401-9, 2012. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v34n4/a19v34n4.pdf>>. Acesso em 26 abr. 2013.

LOCH, Clesar Luiz. **O trabalho dos servidores técnico-administrativos da Universidade Federal de Santa Catarina: possibilidade de expressão da criatividade?** 237 f. 2005. Dissertação (Mestrado em Administração) - Programa de Pós-graduação em Administração, Centro Sócio-Econômico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LORCA, Bárbara da Silva e Souza. **Nanoencapsulação de óleo de andiroba via polimerização em miniemulsão**. Fevereiro de 2009. Relatório de missão. Programa de Engenharia Química, COPPE, UFRJ / UFSC. Disponível em <<http://www.peq.coppe.ufrj.br/data/rbcp/Relatorio%20de%20Missao%20Barbara.pdf>>. Acesso em 9 abr. 2013.

MACHADO, Lucília Regina de Souza. Mudanças na Ciência e na tecnologia e a formação geral em face da democratização da escola. In: MARKERT, Werner (Org.). **Trabalho, qualificação e politécnia**. Campinas/SP: Papirus, 1996, p. 131-148. (Coleção Educação e Transformação).

MALTEZ, Ana Rita. **Uma descoberta maravilhosa – engenharia atômica**. s.d. Disponível em: <<http://anaritamaltez.angelfire.com/nanociencia8.html>>. Acesso em: 6 jul. 2011.

MANICA, Ricardo, KOVALESKI, João L., BRAGHINI JUNIOR, Aldo. Uma análise do desempenho custos em uma empresa de tratamento de superfície por nanotecnologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 30, 2010, São Carlos. **Anais ...**, p. 1-13, São Carlos, 2010. Disponível em <<http://pg.utfrpr.edu.br/dirppg/ppgep/ebook/2010/CONGRESSOS/ENEGEP/4.pdf>>. Acesso em 26 abr, 2013.

MARCHI, Edilene, C.S, CASTRO, D. M. de. **Revisão de microscopia**. Disciplina DBI Anatomia Vegetal, Departamento de agricultura, UFLA, MG, 2005. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/6729026/Microscopia-basica2>>. Acesso em: 3 jul. 2011

MARQUES, Luis Fernando Moraes. **Proposta de um modelo de análise multidimensional para impactos de novas tecnologias: interações entre nanotecnologia, economia, sociedade e meio-ambiente**. 237 f. 2008. Tese (Doutorado em Administração) – Programa de Pós-graduação em Administração, Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/15019/000674500.pdf?sequence=1>>. Acesso em 26 abr. 2013.

MARTINS, Paulo Roberto (Org.). **Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente**. São Paulo: Xamã, 2006. Disponível em <<http://www.iiep.org.br/pdfs/doc030.pdf>>. Acesso em 27 abr, 2013.

____ (Coord). **Revolução invisível: desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil**. São Paulo: Xamã, 2007. Disponível em <

<http://nanotecnologiadoavesso.org/sites/default/files/LIVRO%20XAMA%20REVOLUCAO%20INVISIVEL%20200707.pdf> >. Acesso em 27 abr. 2013.

____ Nanotecnologia e meio ambiente para uma sociedade sustentável. **Estud. soc.**, México, v. 17, n. 34, dic. 2009 . Disponível em <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572009000200012&lng=es&nrm=iso>. Acesso em 29 abr. 2013.

MARTINS, Roberto de Andrade. Física e História. **Revista da Sociedade Brasileira para o progresso da ciência**. Edição: Ciência e Cultura - temas e tendências: Física. Ano 57, n.3, jul-ago-set, p. 25-28, 2005.

MATOS, Luísa, SANTOS, Paula, BARBOSA, Fernando. A problemática das nanopartículas no contexto ocupacional. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: Novos Desafios na Prevenção do Risco Laboral, CIS, 10, 2012, Porto, 2012. **Anais ...**, Porto, p. 1-6, 2012. Disponível em <<http://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/1724/1/35458.pdf> >. Acesso em 26 abr. 2013.

MATTEDDI, Marcos, MARTINS, Paulo R., PREMEBIDA, Adriano. A nanotecnologia como tecnociência: contribuições da abordagem sociológica para o entendimento das relações entre nanotecnologia, sociedade e meio ambiente. **Pensamento Plural**, n.2, p. 1-26, 2011. Disponível em <<http://www.periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/pensamentoplural/article/view/79> >. Acesso em 26 abr. 2013.

MARX, Karl **Diferença entre as filosofias da natureza em Demócrito e Epicuro**. São Paulo: Global Editora, 1979.

____ **O Capital**: o processo global de produção capitalista. Livro Terceiro, v.6, 4ª ed., Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1980.

____ Prefácio à 1ª edição e posfácio à 2ª edição de *O Capital*. In: FERNANDES, Florestan (org. da coletânea). **K. Marx e F. Engels: história**. São Paulo: Ática, 1983.

____ **O Capital:** o processo global de produção capitalista. Livro Terceiro, v.3, Tomo 1 (parte primeira). São Paulo: Abril Cultural, 1983a. (Os Economistas).

____ **O Capital:** o processo global de produção capitalista. Livro Terceiro, v.3, Tomo 2 (parte segunda). São Paulo: Abril Cultural, 1983b. (Os Economistas).

____ **A Miséria da Filosofia.** São Paulo: Global, 1985.

____ **Teorias da Mais valia.** Livro Quarto, v.1. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1987.

____ **Elementos Fundamentales para la crítica de la economía política (*Grundrisse*) 1857-1858.** Livro 1, 16ªed. Mexico: Siglo Veintiuno editores, 1989.

____ **O Capital:** o processo de produção do capital. Livro I, v.1 e v.2, 15ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

____ **Manuscritos econômico-filosóficos.** Trad. Jesus Ranieri. São Paulo: Boitempo, 2004.

MARX, Karl, ENGELS, Friedrich. **A ideologia alemã:** crítica da mais recente filosofia alemã em seus representantes Feuerbach, B. Bauer e Stirner, e do socialismo alemão em seus diferentes profetas (1845-1846). São Paulo: Boitempo, 2007.

MEES, C.E.K. **The organization of industrial scientific research.** McGraw Hill, New York, 1920. Capítulo introdutório disponível em: < www.inovacao.unicamp.br/report/inte-kodak.shtml >. Acesso em 10 mar. 2005.

MELO, Helena Pereira de. 'NO DATA, NO MARKET' - A Aplicação do Princípio da Precaução à Nanotecnologia. **Encontro de Professores de Direito Público** - 'Novos e Velhos Princípios de Direito Público', 3, 2010, Porto, Portugal. Disponível em < http://www.estig.ipbeja.pt/~ac_direito/HPM10.pdf >. Acesso em 26 abr. 2013.

MELO, Silviany. **Nanotecnologia**. s.d. Apresentação slideshare. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/Silviany/nanotecnologia-1796070>>. Acesso em 7 jul. 2011.

MENDES, Tânia. O limiar de uma nova era. **Revista Brasileira de Administração**, p. 24-31, jan./fev. de 2008. Disponível em <<http://www.protv.inf.br/rba/edicoes/rba62/RBA62.pdf> > Acesso em 12 mai. 2013.

MESQUITA, R. M., *et al.* Produção de corpos porosas de nitreto de silício utilizando-se amido como fase sacrificial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 52, 2008, Florianópolis, Santa Catarina. **Anais ...**, Florianópolis, SC, 2008, p. 1-10. Disponível em <<http://www.ipen.br/biblioteca/2008/cbc/13336.pdf> >. Acesso em 25 abr. 2013.

MÉSZÁROS, István. **A educação para além do capital**. São Paulo: Boitempo Editorial, 2005.

_____. **Marx: a teoria da alienação**. São Paulo: Boitempo, 2006.

METZ, Hugo Leonardo. **Microscopia confocal**. Unicamp, s.d. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F50_F590_F690_F895/F530_F590_F690_F895_sem2_2004/003069Hugo_M_Franchini_F530_RF.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2011.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento**. São Paulo-Rio de Janeiro: Hucitec-ABRASCO, 1996.

MOLINARO, Eletcia M., CAPUTO, Luzia Fátima G., AMENDOEIRA, Maria Regina R. (Orgs.). **Conceitos e métodos para a formação de profissionais em laboratórios de saúde**. v.1. Rio de Janeiro: EPSJV, IOC, 2009. Disponível em <<http://www.fiocruz.br/ioc/media/Livropoli.pdf> >. Acesso em 23 abr. 2013.

MORA, Nora Diaz. Algumas Técnicas de preparação de materiais (Capítulo 5). In: _____. **Apostila de materiais elétricos**. Laboratório de Materiais (LABMAT), Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Campus de Foz de Iguaçu, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, p. 92-114.

Disponível em <
<http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downmateriais/materiaiscap5.pdf> >.
 Acesso em 9 jul. 2013.

MUELLER, Rafael R. **Racionalidade para racionalização. A gestão da produção e da força de trabalho enquanto tecnologia capitalista.** 197 f. 2010. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-graduação em Educação, Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

OLIVEIRA, Renato Almeida de. Considerações acerca da liberdade e da ética na tese A diferença entre as filosofias da natureza em Demócrito e Epicuro de Karl Marx. **Polymatheia – Revista de Filosofia**, Fortaleza, Ceará, v.4, n.6, p. 251-265, 2008. Disponível em <
http://www.uece.br/polymatheia/dmdocuments/polymatheia_v4n6_consideracoes_liberdade_etica_marx.pdf >. Acesso em 13 mai. 2013.

REIS, Arley. **Laboratório Central de Microscopia Eletrônica pretende ser modelo de uso coletivo.** 20 de novembro de 2007. In: AGE-COM, UFSC. Disponível em <
<http://noticias.ufsc.br/2007/11/20/laboratorio-central-de-microscopia-eletronica-pretende-ser-modelo-de-uso-coletivo/> >. Acesso em 24 mar. 2013.

_____. **Ministério da Ciência e Tecnologia aprova R\$ 8,9 milhões para laboratórios e equipamentos de pesquisa na UFSC.** (Fotos – Cláudia Reis). 30 de junho de 2010. In: AGE-COM, UFSC. Disponível em <
<http://noticias.ufsc.br/2010/06/30/ministerio-da-ciencia-e-tecnologia-aprova-r-89-milhoes-para-laboratorios-e-equipamentos-de-pesquisa-na-ufsc/> >. Acesso em 24 mar. 2013.

PALUCKA, Tim. Making the invible visible: how the electron microscope was invented to reveal things smaller than a wavelength of light. **American Heritage of Invention & Technology**, winter, v.17, issue 3, p. 12-23, 2002. Available in: <
<http://203.197.81.56/dev-it/content/making-invisible-visible-1> >. Accessed mai. 18.2013.

PEREIRA, Adriana Ana. **Análise do desgaste da ferramenta à base de β -Si₃N₄ na usinagem do ferro fundido cinzento FC 250 utilizando técnicas avançadas e de alta resolução.** 228 f. 2010. Tese. (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia

Mecânica, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em < <http://www.abcm.org.br/downloads/Tese.pdf> >. Acesso em 1 abr. 2013.

PEREIRA, Marlene de Paula. Direito ambiental e nanotecnologia: implicações éticas, sociais e jurídicas. **Revista Jurídica UNIJUS**, Universidade de Uberaba, Ministério Público do Estado de Minas Gerais, v.1, n.14, p.63-72, maio, 2008. Disponível em < http://web.uniube.br/publicacoes/unijus/arquivos/unijus_14.pdf#page=73 >. Acesso em 26 abr. 2013.

PERFOLL, Aline Pâmela, REZENDE JUNIOR, Mikael Frank. A física moderna e contemporânea e o ensino de engenharia: contexto e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, COBENGE, 34, 2006, Passo Fundo, **Anais ...** Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006, p.55-68. Disponível em < http://www.dee.ufma.br/~fsouza/anais/arquivos/11_97_581.pdf >. Acesso em 27 abr. 2013.

PINTO E SILVA, Eduardo, SILVA JÚNIOR, João dos Reis. Estranhamento e desumanização nas relações de trabalho na instituição universitária pública. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas, número especial, p. 223-238, ago., 2010. Disponível em < http://www.histedbr.fae.unicamp.br/revista/edicoes/38e/art14_38e.pdf >. Acesso em 3 mai. 2013.

PRADO, Eleutério F. S. Pós-grande indústria: trabalho imaterial e fetichismo. **Crítica marxista (Roma)**, São Paulo, v16, p.109-130, 2003.

QUINA, Frank H. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. **Química Nova**, São Paulo, v.27. no.6 Nov./Dec., 2004. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422004000600031&script=sci_arttext >. Acesso em 27/04/2013

RAMOS, Soraia de F. *et al.* Reflexões acerca das nanotecnologias e as novas densidades técnicas–científicas–informacionais na agricultura. **Estud. Soc.**, v.17 n.34 México jul./dic., 2009. Disponível em < http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572009000200013 >. Acesso em 26 abr. 2013.

RANIERI, Jesus. **A câmera escura: alienação e estranhamento em Marx**. São Paulo: Boitempo, 2001.

RATTNER, Henrique. Nanotecnologia e a política de ciência e tecnologia. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE NANOTECNOLOGIA, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE, 2, 2005, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Anais ...** Disponível em < <http://apebfr.org/passagesdeparis/edition2/articles/p180-rattner.pdf> >. Acesso em 26 abr. 2013.

REBECCHI, Emilio. **O sujeito frente à inovação tecnológica**. Petrópolis (RJ), Vozes/ IBASE, 1987.

RENN, Jurgen. A física clássica de cabeça para baixo: como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 27-36, 2004. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v27n1/a04v27n1.pdf> >. Acesso em 27 abr. 2013.

ROCHA, Ana Luiza. **Preparação amostras para MET em Ciências dos Materiais**. I Escola de Microscopia Eletrônica de Transmissão do CBPF/LABNANO. 2008. Disponível < em www.cbpf.br/~emecbpf/Prep_amostra_AnaRocha.pdf >. Acesso em 3 abr. 2013.

RODRIGUES, Leonardo Ribeiro. **Síntese e caracterização de hidroxapatita e titânia nanoestruturadas para a fabricação de compósitos**. 92 f. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de pós-graduação Engenharia Mecânica, Unicamp, Campinas, 2008. Disponível em: < <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/>>. Acesso em 7 jul. 2011.

ROTHBERG, Danilo, RESENDE, Letícia P. Saúde, comunicação e nanotecnologia: o papel do debate público para a expansão da cidadania. **Alceu**, PUC-RJ, v.11, n.21, p. 202-214, jul./dez., 2010. Disponível em < http://revistaalceu.com.puc-rio.br/media/Alceu21_13.pdf >. Acesso em 26 abr. 2013.

RUMJANEK, Franklin. Fronteiras da ciência: ética e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, v.35, n.206, jul-2004. p. 22-23.

SANTANA, Pricila Cardoso Viana de, *et al.* Pesquisas científicas relacionadas aos avanços da nanotecnologia no Brasil. **Revista Eletrônica de Enfermagem do Centro de Estudos de Enfermagem e Nutrição** [serial on-line], 2011 jan-abr 1(1) 1-15. Disponível em < http://www.ceen.com.br/conteudo/downloads/4552_84.pdf >. Acesso em 27 abr. 2013.

SANTANA, O. A. Docentes de pós-graduação: grupo de risco de doenças cardiovasculares. **Acta Scientiarum. Education**, v.33, n.2, p. 219-226, 2011. Disponível em < www.cbpv.com.br/artigos/1334324416.pdf >. Acesso em 24 abr. 2013.

SANT'ANNA, Leonardo da Silva, ALENCAR, Maria Simone de Menezes, FERREIRA, Aldo Pacheco. Patenteamento em nanotecnologia no Brasil: desenvolvimento, potencialidades e reflexões para o meio ambiente e a saúde humana. **Quím. Nova [online]**. v.36, n.2, p. 348-353, 2013.

SANTOS, Leonardo de Assis. **Sistema brasileiro de inovação em nanotecnologia: uma análise preliminar**. 179 f. 2008. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-graduação em Administração, Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008. Disponível em < http://coppead.stormsec.com.br/upload/publicacoes/Leonardo_Santos.pdf >. Acesso em 27 abr. 2013.

SANTOS, H. S., KIYOHARA, P., COELHO, A. C. V., SANTOS, P. S.. Estudo por microscopia eletrônica das transformações durante a queima de argilas altamente aluminosas brasileiras. **Cerâmica [online]**. 2006, vol.52, n.322, p. 125-137.

SARGENTELLI, Vagner. Nanociência: aplicações tecnológicas em química, saúde, agricultura e meio ambiente: uma sinopse. **Ambiente: gestão e desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 139-147, 2012. Disponível em < <http://186.202.64.185/remgads/index.php/ambiente/article/view/12> >. Acesso em 26 abr. 2013.

SAUTHIER, Marta *et al.* Fraude e plágio em pesquisa e na ciência: motivos e repercussões. **Rev. Enf. Ref. Ser. III**, n.3, Coimbra, mar. 2011. Disponível em <

http://www.scielo.gpeari.mctes.pt/scielo.php?pid=S0874-02832011000100005&script=sci_arttext >. Acesso em 24 abr. 2013.

SAYEG, Isaac Jamil. **Caracterização microestrutural da decomposição do carbo - neto eutético M_2C em ferro fundido multicomponente do tipo Fe-2C-5V-5Cr-5Mo-5W tratados isotermicamente a 950 °C e 1.050 °C**. 306 f. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, USP, São Paulo. 2010. Disponível em <
www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/.../Tese_Isaac_Jamil_Sayeg.pdf
>. Acesso em 2 abr. 2013.

SCHULTZ, Peter A. B. **A encruzilhada da nanotecnologia: inovação, tecnologia e riscos**. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2009.

SCHULTZ, Theodore W. **O Capital Humano** - Investimentos em Educação e Pesquisa. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1973.

SGUISSARDI, Valdemar. Mercantilização e intensificação do trabalho docente - traços marcantes da expansão universitária brasileira hoje. In: LÓPEZ SEGRERA, Francisco; RIVAROLA, Domingo M.. (Org.). **La Universidad ante los desafios del siglo XXI**. Assunción: Ediciones y Arte S. A., 2010, p. 295-317. Disponível em <
http://xa.yimg.com/kq/groups/18803735/332836354/name/UNKNOWN_PARAMETER_VALUE
>. Acesso em 24 abr. 2013.

SILVA, Cylon Gonçalves da. Brasil aposta na nanociência e nanotecnologia. **Inovação Uniemp**, v.2, n.1, Campinas, Jan./Mar. 2006. Entrevista a Simone Pallone e Wanda Jorge.

SILVA, Italo Batista. Uma Pedagogia Multidisciplinar, Interdisciplinar ou Transdisciplinar para o Ensino/Aprendizagem da Física. In: Congresso Brasileiro de Extensão Universitária, 2, 2004, p. 1-6. Belo Horizonte, MG. **Anais ... UFMG**, 2004. Disponível em <
<https://www.ufmg.br/congrent/Educa/Educa173.pdf>
>. Acesso em 27 abr. 2013.

SILVA, Margarida. A aceitabilidade social do risco e a investigação condicionada pelo interesse público - que fazer em nanotecnologia? In: WORKSHOP NANOSCIENCES AND NANOTECHNOLOGIES AT

THE UNIVERSITY OF PORTO - Challenges and Future Needs, Porto, Portugal, 18-19 Novembro, 2004 – **Anais ...** [Book of Abstracts]. Disponível em < http://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/6939/1/cominter_2004_ESB_1032_silva_margarida_43.pdf >. Acesso em 26 abr. 2013.

SILVA, Marise Borba da. **Nanotecnologia e a condição humana: a radicalidade técnica contemporânea, os questionamentos éticos do homo viator e a visão de natureza**. 281 f. 2008. Tese (Doutorado Interdisciplinar em Ciências Humanas) – Programa de Pós-graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em < <http://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/91845/256703.pdf?sequence=1> >. Acesso em 27 abr, 2013.

SIMAS, Carolina. IPT investe em pesquisas nanotecnológicas. **ComCiência**. 17 de maio de 2010. Disponível em < <http://www.comciencia.br/comciencia/?section=3¬icia=619> >. Acesso em 18 de maio de 2010.

SIMPÓSIO TÉCNICO-EMPRESARIAL DE NANOTECNOLOGIA. II, 2013. **Caderno de informações**, UFSC, mar. 2013, 32p. Disponível em < http://www.apinano.certi.org.br/apresentacao/caderno_apinano.pdf >. Acesso em 9 abr. 2013.

SIQUEIRA-BATISTA, Rodrigo, *et al.* Nanociência e nanotecnologia como temáticas para discussão de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, p. 479-490, 2010. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v16n2/v16n2a14.pdf> >. Acesso em 26 abr. 2013.

TARGINO, Maria das Graças. Produção intelectual, produção científica e produção acadêmica: facetas de uma mesma moeda? In: CURTY, Renata Gonçalves (Org.). **Produção intelectual no ambiente acadêmico**. Londrina/PR: UEL/CIN, 2010, p.31-45. Disponível em < http://www.uel.br/pos/mestradoinformacao/pages/arquivos/Producao_Intelectual.pdf >. Acesso em 14 mai. 2013.

TEIXEIRA, Aluisio. **Utópicos, heréticos e malditos: os precursores do pensamento social de nossa época**. Rio de Janeiro: Record, 2002.

THERRIEN, Jacques. Trabalho e saber: a interação no contexto da pós-modernidade. In: MARKERT, Werner (Org.). **Trabalho, qualificação e politécnica**. Campinas/SP: Papirus, 1996, p. 53-70. (Coleção Educação e Transformação).

THOMPSON, E. P. **A formação da classe operária inglesa**. V.1, 2 e 3. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002.

TITTONI, Jaqueline, NARDI, Henrique Cardoso. Saúde mental e trabalho: reflexões a partir de estudos com trabalhadores afastados do trabalho por adoecimento profissional. In: Jacques, Maria da Graça Correa *et al* (Orgs.). **Relações sociais e ética**. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2008, p. 70-80. Disponível em <www.bvce.org/DownloadArquivo.asp?Arquivo...sociais_e_Etica.pdf>. Acesso em 3 mai. 2013.

TOMA, Enrique E. Química e nanotecnologia: é hora de despertar! **Informativo do CRQ - IV região**. Edição especial Nanotecnologia. Jan-fev., 2005 (versão resumida). Disponível em <<http://www.crq4.org.br>>. Acesso em 13 jul. 2005.

TOMIOKA, Jorge, LOURENÇO, Sérgio R., BLUMETTI, Júlio F. Patentes em nanotecnologia: prospecção tecnológica para tomada de decisão. **Revista INGEPRO, Inovação, gestão, produção**, v.2, n.10, p. 1-12, out., 2010. Disponível em <http://ingepro.com.br/Publ_2010/Out/278-875-1-PB.pdf>. Acesso em 26 abr, 2013.

TORRIGLIA, Patrícia L. **Reflexões sobre o trabalho e a reprodução social: primeiras aproximações em relação ao complexo educativo**. 155 f. 1999. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-graduação em Educação, Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

TORRIGLIA, Patrícia L., CHAGAS, Liliane M. de Moura. Atividade como agir humano intencional: algumas reflexões a partir de Gyorgy Luckács e Alieksei Leóntiev. In: TUMOLO, Paulo S., BATISTA, Roberto Leme (Orgs.). **Trabalho, economia e educação: perspectivas do capitalismo atual**. Maringá: Práxis; Massoni, 2008, p. 105-126.

TORRIGLIA, Patrícia L., DUARTE, Newton. A ciência e a produção do conhecimento na pesquisa educacional: contribuições de Maria Célia Marcondes de Moraes. **Perspectiva**, Florianópolis, v. 27, n. 2, 347-374, jul./dez. 2009. Disponível em < <http://www.perspectiva.ufsc.br> >. Acesso em 20 mai. 2013.

UFSC-PROPLAN. Universidade Federal de Santa Catarina. Pró-reitora de Planejamento e Orçamento. **A UFSC em números 2001-2010**. 2011. Disponível em < <http://seplan.paginas.ufsc.br/files/2011/11/2011-11-07-UFSC-EM-NUMEROS-2001-2010.pdf> >. Acesso em 17 mar. 2013.

____ **A UFSC em números 2007-2011**. 2012. Disponível em < <http://seplan.paginas.ufsc.br/files/2012/10/PROPLAN.pdf> >. Acesso em 17 mar. 2013.

UFSC-PRPe. Universidade Federal de Santa Catarina. Pró-reitora de Pesquisa. **Relatório de Gestão**. 2005. Disponível em < <http://propesq.ufsc.br/files/2009/09/Relatorio-PRPe-2005.pdf> >. Acesso em 3 mai. 2010.

____ **Relatório de Gestão**. 2006. Disponível em < <http://propesq.ufsc.br/files/2009/09/Relatorio-PRPe-2006.pdf> >. Acesso em 3 mai. 2010.

____ **Relatório de Gestão**. 2007. Disponível em < <http://propesq.ufsc.br/files/2009/09/Relatorio-PRPe-2007.pdf> >. Acesso em 3 mai. 2010.

____ **Relatório de Gestão**. 2008. Disponível em < <http://propesq.ufsc.br/files/2009/09/Relatorio-PRPe-2008.pdf> >. Acesso em 3 mai. 2010.

____ **Relatório de Gestão**. 2009. Disponível em < <http://propesq.ufsc.br/files/2009/09/Relatorio-PRPe-2008.pdf> >. Acesso em 3 mai. 2010.

____ **Relatório de Gestão**. 2010. Disponível em < <http://propesq.ufsc.br/files/2009/09/Relatorio-PRPe-2008.pdf> >. Acesso em 16 mar. 2013.

____ **Relatório de Gestão.** 2011. Disponível em < <http://propeq.ufsc.br/files/2009/09/Relatorio-PRPe-2008.pdf> >. Acesso em 16 mar. 2013.

UFSC-CC. Universidade Federal de Santa Catarina. Conselho Curador. **Resolução Normativa Nº 01/CC**, de 05 de julho de 2010. Estabelece as taxas para o uso de equipamentos integrantes do patrimônio mobiliário da Universidade. 2010. Disponível em < <http://cc.orgaosdeliberativos.ufsc.br/resolucoes-normativas/> >. Acesso em 18 out. 2010.

UFSC-GR. Universidade Federal de Santa Catarina. Gabinete da Reitoria. **Portaria Normativa Nº. 006/GR/2007**, de 18 de abril de 2007. Aprova o Regimento Interno do Laboratório Central de Microscopia Eletrônica (LCME) da Universidade Federal de Santa Catarina, que sob a forma de anexo integra esta Portaria. 2007. Disponível em < <http://procuradoriafederal.ufsc.br/files/2011/09/PORTARIA-NORMATIVA-N%C2%BA-006-GR-2007.pdf> >. Acesso em 15 mar. 2013.

VALADARES, Eduardo de Campos, CHAVES, Alaor, ALVES, Esdras Garcia. **Aplicações da Física quântica:** do transistor à nanotecnologia. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005. (Temas atuais de física).

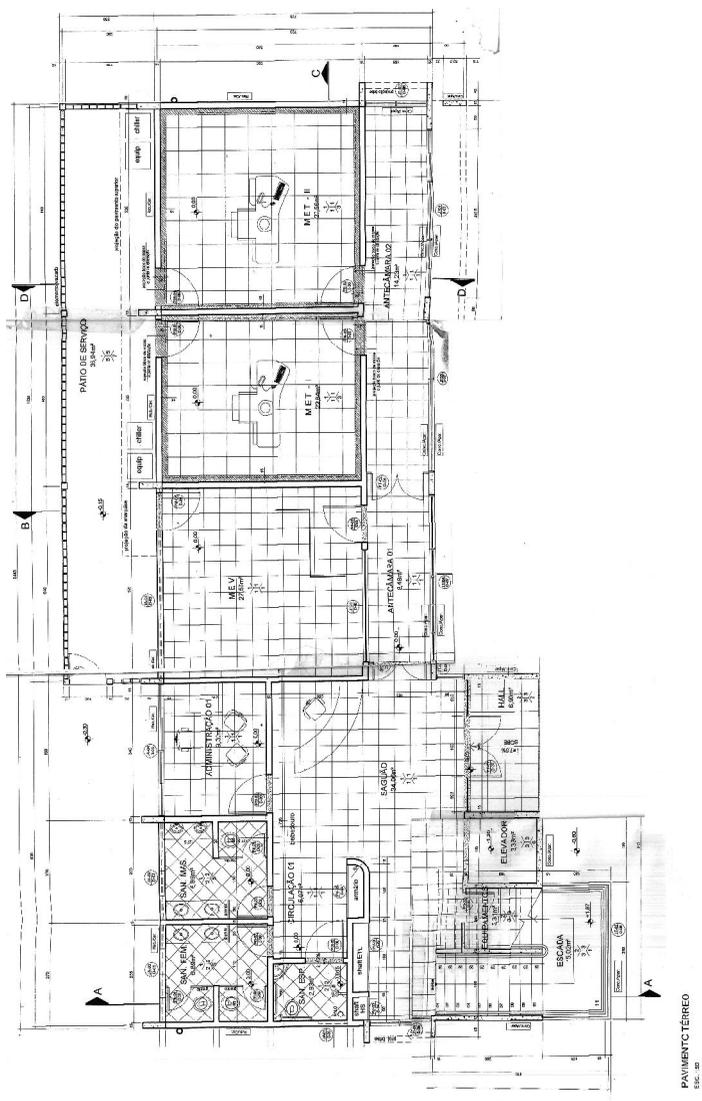
VELHO, Silvia. Universidade-empresa: desvelando mitos. Campinas: Autores Associados, 1996. Disponível em < <http://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=hAF5JalhglQC&oi=fnd&pg=PA7&dq=silvia+velho+universidade+empresa+livro&ots=MDl1NxxggzP&sig=DQN5UwForGjxcpElfvOLUleU8LA#v=onepage&q=professores%20empres%C3%A1rios&f=false> >. Acesso em 2 mai. 2013.

WOOD, Ellen M. **Democracia contra capitalismo.** São Paulo: Boitempo, 2003.

ANEXOS

Anexo 1 – Planta baixa original do LCME

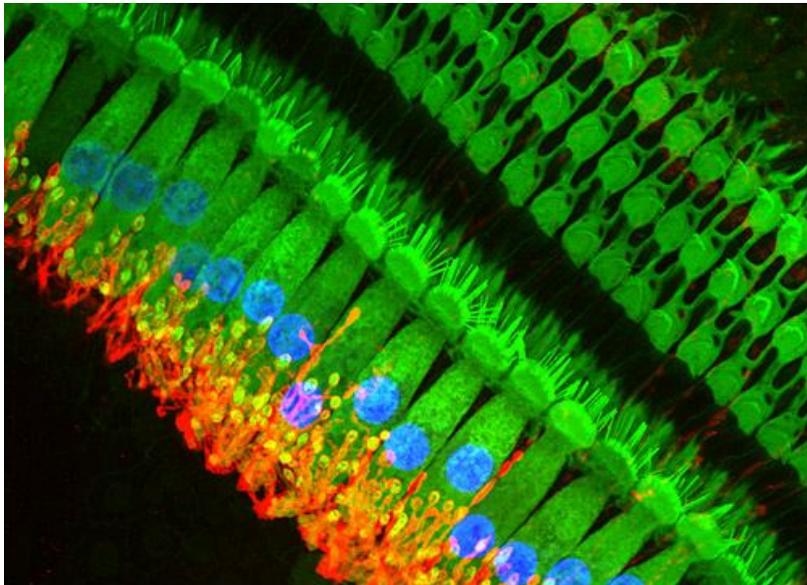
Anexo 1.1 Piso térreo



Anexo 2 - Imagens feitas pelos microscópios (fotos do calendário feito pelo LCME/UFSC e de trabalhos publicados)

Anexo 2.1 Imagens do Confocal

Cóclea e células ciliadas



Fonte: Dr. Sonja Pyott, Department of Biology and Marine Biology University of North Carolina, Wilmington, NC, USA. Disponível em < <http://scienceblogs.com/retrospectacle/2007/11/14/confocal-image-of-cochlea-wins/> >. Acesso em 13 jun. 2013.

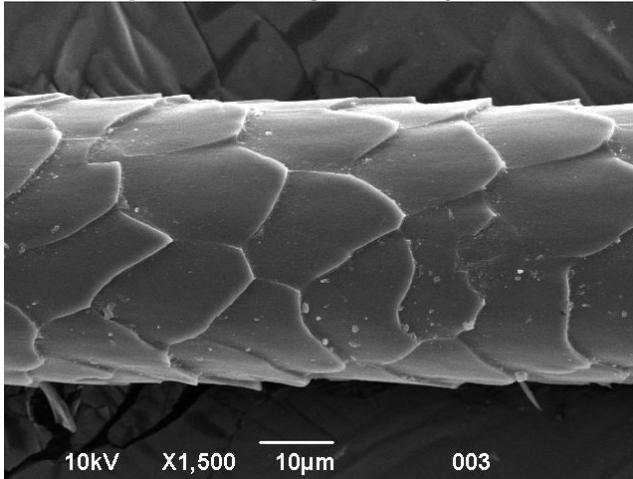
Lynceus brachyurus (Branchiopoda, Laevicaudata, Lynceidae) é um crustáceo que vive em lagoas temporárias que dependem do nível de água do solo



Fonte: Martin Fritsch, Universidade de Rostock, Alemanha. Disponível em < <http://www.leica-microsystems.com/news-media/calendar-2013/> >. Acesso em 13 jun.2013.

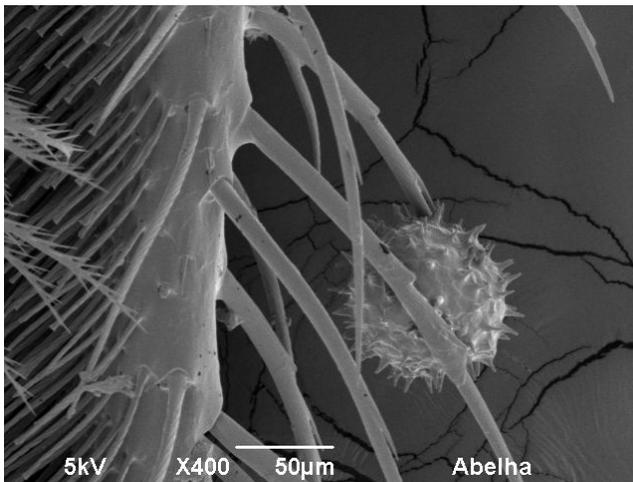
Anexo 2.2 - Imagens do MEV

Pêlo de *Leopardus wiedii*, (gato-maracajá), observada no MEV/LCME.



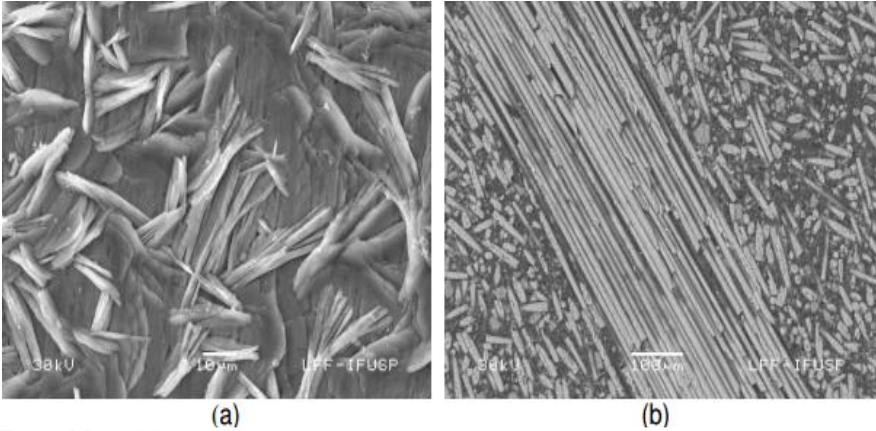
Fonte: Amostra coletada no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, SC. Autor: Marcos Tortato

Grão de pólen de *Ipomoea pes-caprae*, popularmente conhecida como batata-da-praia, preso aos pêlos da perna da abelha *Callonychium sp.*, observada no MEV/LCME.



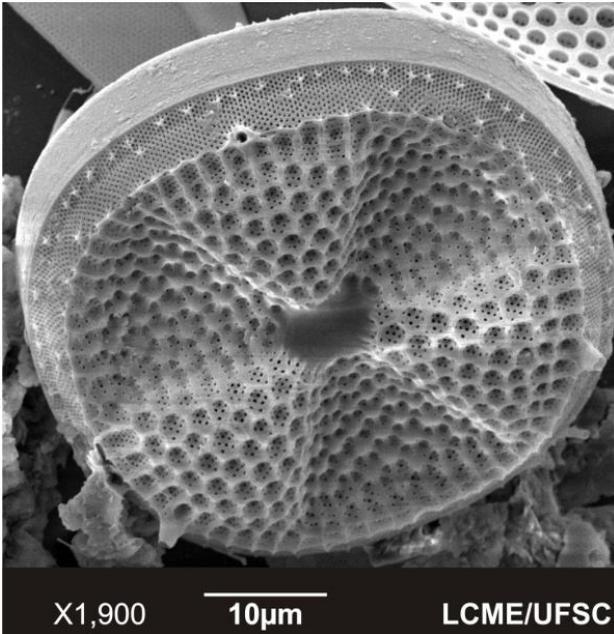
Fonte: Laboratório de Abelhas Nativas da UFSC.
Autora: Bióloga Eliana de Medeiros Oliveira

Cristais de fosfato (a) e fibras de vidro em matriz de baquelite (b).



Fonte: Mora (2010, p.99).

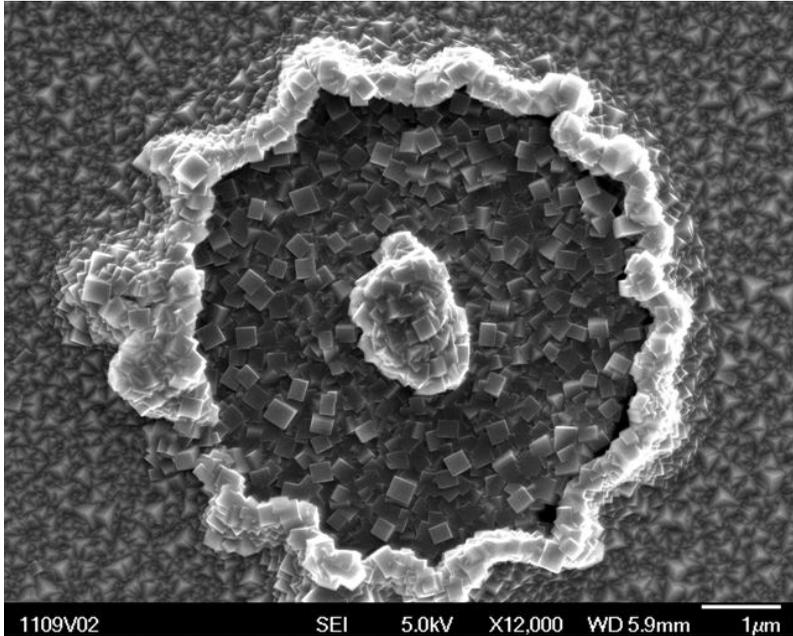
Vista geral de *Actinoptychus senarius* Ehrenberg (Diatomácea), observada no MEV/LCME.



Fonte: Laboratório de Ficologia - Depto de Botânica – CCB.
 Autora: Dávia M. Talgatti

Anexo 2.3 - Imagens do MEV-FEG

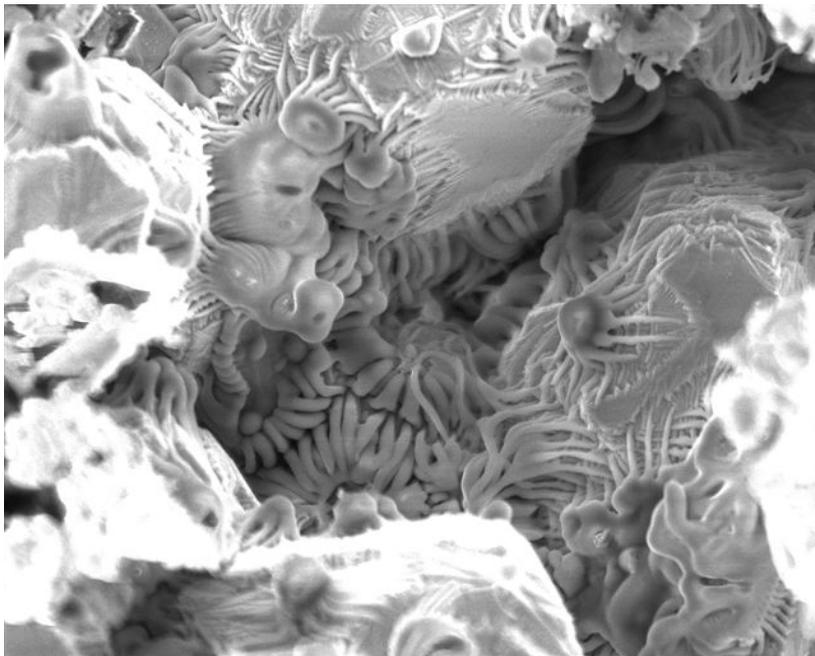
Filme fino semiconductor de Azul da Prússia ($Fe_4^{III}[Fe^{II}(CN)_6]_3$), do Laboratório de Filmes Finos e Superfícies, observado no MEV-FEG/LCME.



Fonte: Depto de Física – CFM.

Autor: Renê Chagas da Silva – Marília F. Alamini

Óxido de silício (SiO_2) crescido em substrato ferroso, observado no MEV-FEG/LCME

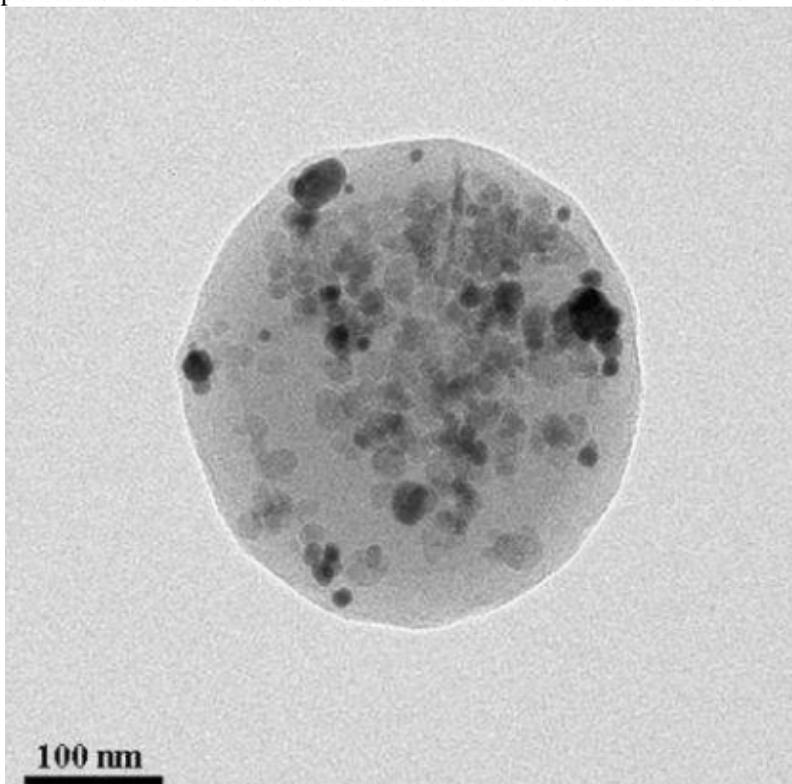


Fonte: Depto de Engenharia Mecânica – CTC.

Autor: Gisele Hammes

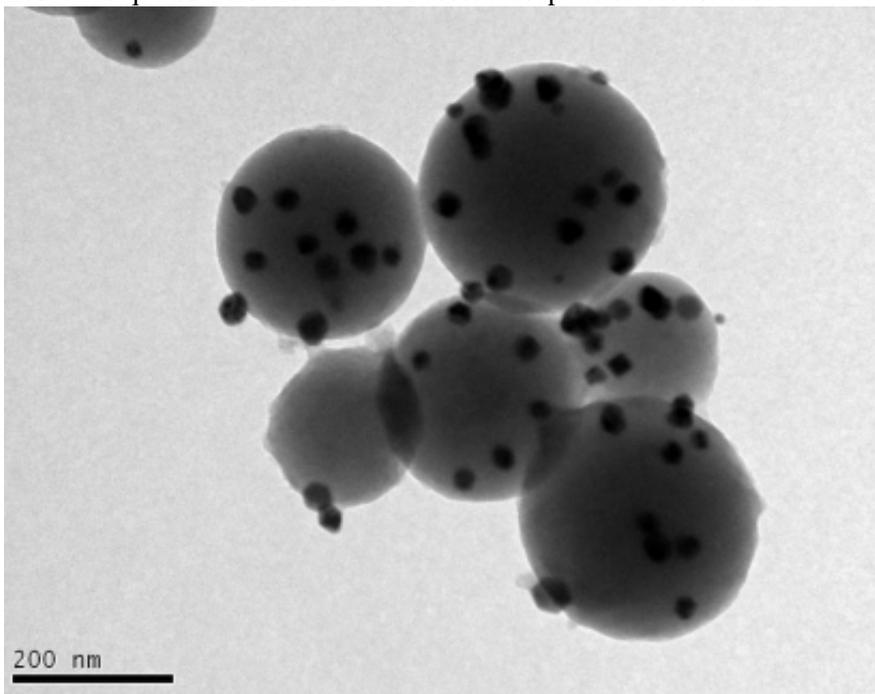
Anexo 2.4 - Imagens do MET 100

Imagem de microscopia eletrônica de transmissão mostrando as nanopartículas de ferro recoberto com ouro dentro da esfera de carbono



Fonte: Wang; Xiao; He (2006) *apud* Koch (2009, p.18)

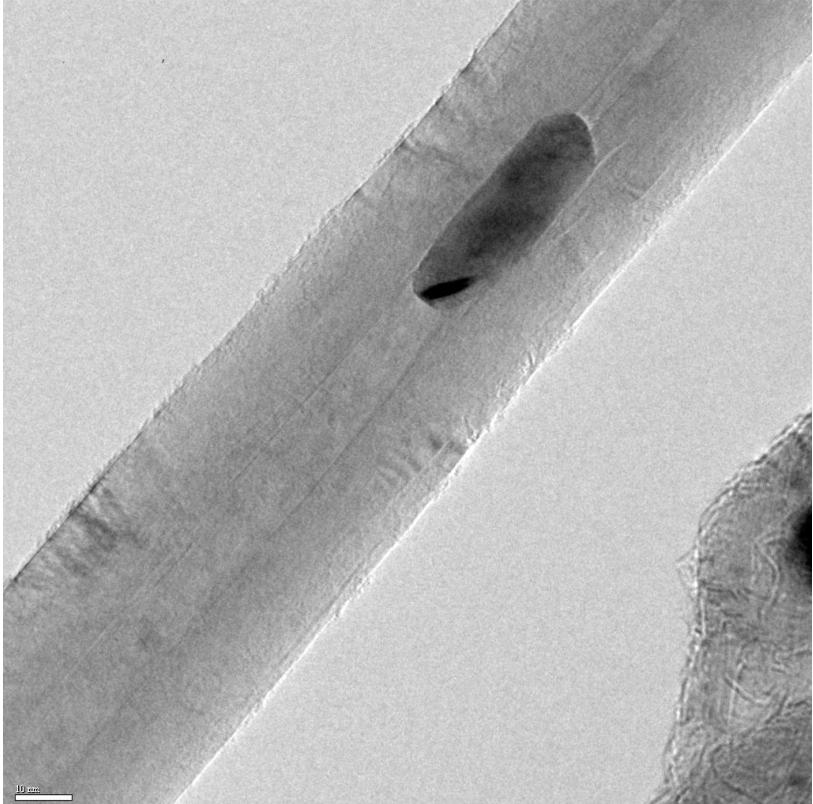
Imagem de MET mostrando o material híbrido de carbono-níquel (H4) tratado termicamente a 370°C/2h na presença de argônio e hidrogênio, mostrando que os nanocristais ficaram sobre a superfície das esferas



Fonte: Koch (2009, p.58).

Anexo 2.5 - Imagens do MET 200

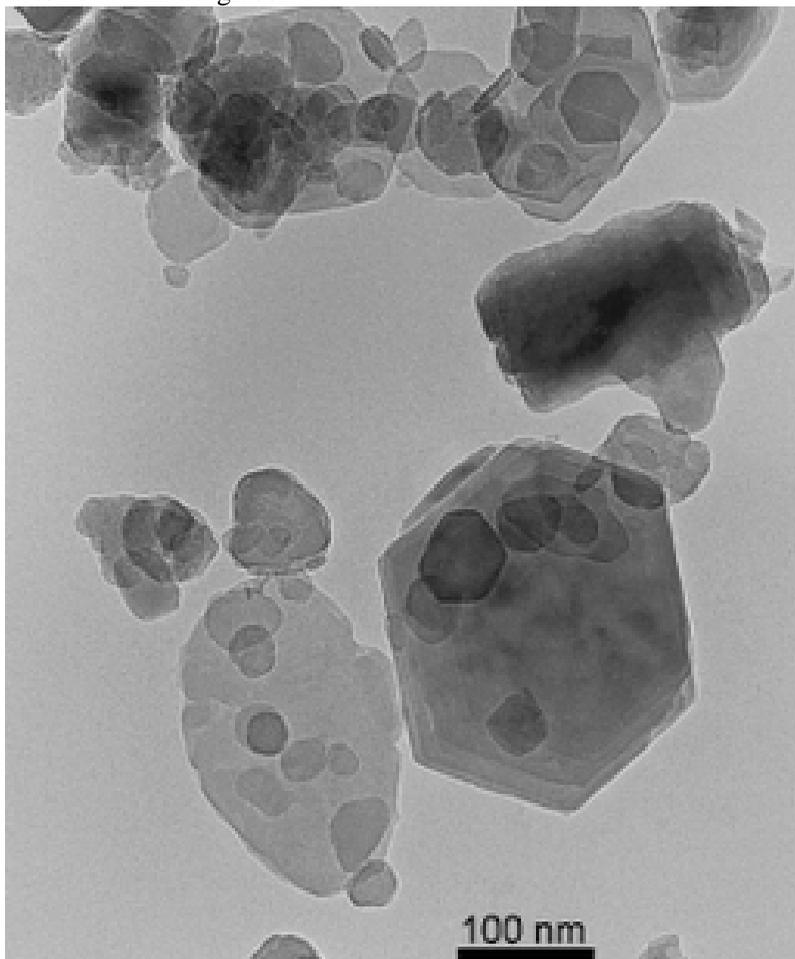
Nano tubo de carbono de paredes múltiplas, observada no MET 200 / LCME. A parte escura é uma nanopartícula de catalizador metálico (Fe)



Fonte: Depto de Engenharia Mecânica – CTC.

Autor: Roberto Marchiori

Argila sedimentar altamente aluminosa original, da localidade de Batalha, município de Catalão, composta de cristas pseudo-hexagonais lamelares de caulinita e gibbsita.



Fonte: H. S. Santos, Kiyohara, Coelho, P.S. Santos (2006, p.129)