

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO E SISTEMAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GESTÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL

ERMÍNIO TICIANI

**RACIONALIZAÇÃO DE PROJETOS E REDUÇÃO DOS CUSTOS AMBIENTAIS
NA CONSTRUÇÃO CIVIL: O CASO DA UNIVERSIDADE DAS AMÉRICAS -
UNIAMÉRICA**

FLORIANÓPOLIS - SC
2005

ERMÍNIO TICIANI

**RACIONALIZAÇÃO DE PROJETOS E REDUÇÃO DOS CUSTOS AMBIENTAIS
NA CONSTRUÇÃO CIVIL: O CASO DA UNIVERSIDADE DAS AMÉRICAS -
UNIAMÉRICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre, sob orientação do Prof. Dr. Francisco Pereira da Silva.

FLORIANÓPOLIS - SC
2005

ERMÍNIO TICIANI

**RACIONALIZAÇÃO DE PROJETOS E REDUÇÃO DOS CUSTOS AMBIENTAIS
NA CONSTRUÇÃO CIVIL: O CASO DA UNIVERSIDADE DAS AMÉRICAS -
UNIAMÉRICA**

Esta Dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 18 de fevereiro de 2005

Prof. Dr. Edson Pacheco Paladini
Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Pereira da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina
Orientador

Prof^a Dr^a Cristiana Tramonte Vieira de Souza
UFSC

Prof. Dr. Amarildo Jorge da Silva
UNIOESTE

Prof. Dr. Márcio Vieira de Souza
UNIVALI

A razão porque os rios e os mares recebem a homenagem de centenas de córregos das montanhas é que eles se acham abaixo dos últimos. Deste modo podem reinar sobre todos os córregos das montanhas. Por isso, o sábio, desejando pairar acima dos homens, coloca-se abaixo deles; desejando estar diante deles, coloca-se atrás destes. Assim, não obstante o seu posto ser acima dos homens, eles não sentem o seu peso; apesar do seu lugar ser adiante deles, não consideram isto uma ofensa.

Lao Tse

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família pelo apoio, carinho e compreensão recebidos, sem os quais não nos seria possível levar a contento esta empreendedora jornada, especialmente a minha mãe pelo espírito de luta que me ensinou durante toda a vida. A meu pai pelo exemplo de sabedoria e simplicidade.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo privilégio da vida.

Ao Prof. Dr. Francisco Pereira da Silva, pela paciência e profissionalismo no processo de orientação da dissertação.

Ao amigo Prof. Dr. Amarildo Jorge da Silva pelo incentivo e apoio irrestrito e incondicional.

Agradeço aos professores Alexandre de Ávila Lerípio, Luiz Moretto Neto, Eduardo Sierra, Guilherme Santana, Sandra Sulamita Nahas Baasch, Plínio Cornélio, Edson Pacheco Paladini, Pedro Carlos Schenini, Gregório Varvakis Rados, Sebastião Roberto Soares, Luiz Fernando Vianna, Antonio César Bornia, Lucila Maria de Souza, Lia Caetano Bastos, João Hélio Oliveira, Sandra Maria Coltre, Osmar Possamai, que nos transmitiram seus conhecimentos e experiências profissionais e de vida com dedicação e carinho, àqueles que nos guiaram para além das teorias, das filosofias e das técnicas expressamos nosso profundo respeito que sempre será pouco diante do muito que nos foi oferecido.

À UFSC e ao Programa de Engenharia e Produção pela iniciativa em proporcionar o Curso de Mestrado, contribuindo decisivamente para a qualificação profissional.

Aos colegas do curso pela oportunidade de convívio e troca de experiências, especialmente ao Ilto, Solange, Milton, Arlete, Harri e Maurício.

Aos nossos familiares pela compreensão da ausência e pelo apoio nos momentos difíceis durante o curso.

RESUMO

TICIANI, Ermínio. **Racionalização de Projetos e Redução dos Custos Ambientais na Construção Civil**: O Caso da Universidade das Américas – UNIAMÉRICA. 124f. 2005. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Produção - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis).

O recente destaque que o conceito de efetividade vem tendo nas empresas de construção civil pode ser aplicado por meio da redução de perdas, da gestão adequada dos resíduos e da sua reutilização. Reduzir a geração de resíduos sólidos num canteiro de obras reafirma e fortalece o conceito de desenvolvimento sustentável. A sustentabilidade das atividades do macrocomplexo da construção civil envolve desde a extração de matérias-primas e a produção dos materiais, até as etapas de construção, manutenção e demolição do empreendimento. Portanto, é de fundamental importância o gerenciamento adequado da edificação, a otimização das matérias-primas e dos materiais de construção utilizados, bem como dos resíduos gerados nesses processos. Os profissionais do setor da construção civil deverão estar cada vez mais preparados para o desenvolvimento dessas atividades. Ressalta-se que a redução, a reutilização e o aproveitamento dos resíduos sólidos beneficiam toda a sociedade, especialmente a população de baixa renda, que é a mais atingida pela questão da disposição inadequada de resíduos e a que mais necessita de materiais de construção de baixo custo. Desse modo, essas ações, mais que atos de conscientização, constituem atos de cidadania. O caso (bloco quatro da UNIAMÉRICA) analisado nessa dissertação evidencia que o uso da tecnologia aliada ao treinamento de uma equipe de trabalho contribui para o processo efetivo e eficiente do planejamento e da execução de uma obra. Pôde-se constatar na análise da edificação do bloco quatro um processo gerencial e operacional que respeitou o meio ambiente e trabalhou em sintonia com a abordagem dos quatro erres (Reduzir, Reaproveitar, Reciclar e Recuperar), dando ênfase principalmente para a questão da redução de resíduos sólidos, de tempo de execução da obra e de redução do custo da edificação. O estudo do caso também evidencia que a busca constante de novas técnicas e métodos de construção podem efetivamente contribuir para a gestão inovadora na indústria da construção civil.

Palavras-Chave: Redução. Desenvolvimento Sustentável. Gestão Inovadora.

ABSTRACT

TICIANI, Ermínio. **Racionalização de Projetos e Redução dos Custos Ambientais na Construção Civil**: O Caso da Universidade das Américas – UNIAMÉRICA. 124f. 2005. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Produção - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis).

The recent prominence that the effectiveness concept comes having in the companies of civil construction can be applied by means of the reduction of losses, of the adequate management of the residues and its reuse. To reduce the generation of solid residues in a seedbed of workmanships reaffirms and fortifies the concept of sustainable development. The maintainable of the activities of the macro complex of the civil construction involves since the raw material extraction and the production of the materials, until the stages of construction, maintenance and demolition of the enterprise. Therefore, it is of basic importance the adequate management of the construction, the optimizations of raw materials and the used materials of construction, as well as of the residues generated in these processes. The professionals of the sector of the civil construction will have to be each time more prepared for the development of these activities. It is stood out that the reduction, the reuse and the use of the solid residues benefit the whole society, especially the population of low income, that is the more reached by the subject of the inadequate disposition of residues and the one that more needs materials of low cost construction. In this way, these actions, more than awareness acts, constitute citizenship acts. The case (block four of the UNIAMÉRICA) analyzed in this dissertation evidences that the use of the allied technology to the training of one has equipped of work contributes for the effective and efficient process of the planning and the execution of a workmanship. It could be verified in the analysis of the construction of the block four a managerial and operational process that respected the environment and worked in tuning with the boarding of the four wanders (to Reduce, to Reuse, to Recycle and to Recoup), giving emphasis mainly for the subject of the reduction of solid residues, of time of execution of the workmanship and reduction of the cost of the construction. The study of the case also evidences that the constant search of new techniques and construction methods indeed can contribute to the innovative management in the industry of the civil construction.

Word-keys: Reduction. Sustainable development. Innovative management.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 A TEMÁTICA, A PROBLEMÁTICA E SUA CONTEXTUALIZAÇÃO	10
1.2 JUSTIFICATIVA.....	12
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.1 Objetivo Geral	17
1.3.2 Objetivos Específicos.....	17
1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	17
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	19
2.1.1 Desenvolvimento Sustentável.....	19
2.2 A CONSTRUÇÃO CIVIL E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	21
2.3 RECICLAGEM E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	26
2.3.1 Vantagens Ambientais da Reciclagem	26
2.3.2 Riscos da Reciclagem	28
2.3.3 Reciclagem Primária versus Secundária	28
2.3.4 Reciclagem de Resíduos e Multidisciplinaridade	29
2.4 GESTÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM ÁREAS URBANAS - DA INEFICÁCIA A UM MODELO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL	32
2.5 BASES LEGAIS PARA UMA NOVA GESTÃO.....	34
2.6 CUSTOS OPERACIONAIS E INVESTIMENTOS PARA A GESTÃO DIFERENCIADA.....	34
2.7 CARACTERÍSTICAS DO ENTULHO E DO AGREGADO RECICLADO.....	35
2.8 CARACTERÍSTICAS DO ENTULHO	37
2.9 CARACTERÍSTICAS DO AGREGADO RECICLADO	41
2.10 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DO AGREGADO RECICLADO	43
2.11 RECICLAGEM DE ENTULHO E A ECONOMIA	46
2.12 USO DO AGREGADO RECICLADO EM TIJOLOS DE SOLO ESTABILIZADO COM CIMENTO	47
2.13 USO DO SOLO COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO.....	49
2.14 TIJOLOS E BLOCOS DE SOLO ESTABILIZADO.....	51
2.15 FABRICAÇÃO DE TIJOLOS E BLOCOS DE SOLO ESTABILIZADO.....	53
2.16 EQUIPAMENTOS DE FABRICAÇÃO DE TIJOLOS E BLOCOS	54
2.17 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE SOLO E DOSAGEM DE TRAÇO.....	57
2.18 REQUISITOS PARA CONTROLE DE QUALIDADE.....	58
2.19 USO DO AGREGADO RECICLADO EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO: UMA QUESTÃO DE RESPONSABILIDADE.....	59
2.20 UTILIZAÇÃO DO AGREGADO RECICLADO EM ARGAMASSAS.....	61
2.21 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO	64
2.21.1 Propriedades da Argamassa no Estado Fresco	65
2.21.2 Consistência	65
2.21.3 Densidade de Massa e Teor de Ar Incorporado.....	65
2.21.4 Retenção de Água	66
2.21.5 Propriedades da Argamassa no Estado Endurecido - Argamassas em	

Corpos-de-Prova	66
2.21.6 Resistência à Compressão e Resistência à Tração por Compressão Diametral	66
2.21.7 Permeabilidade	67
2.21.8 Propriedades da Argamassa no Estado Endurecido - Argamassas em Painéis	67
2.21.8.1 Resistência de Aderência à Tração - Arrancamento	68
2.21.8.2 Dureza Superficial.....	68
2.21.8.3 Permeabilidade.....	68
2.22 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO	69
2.23 REDUÇÃO, RECICLAGEM E REAPROVEITAMENTO: AÇÕES DE CIDADANIA VISANDO CONSTRUIR UMA SOCIEDADE MAIS HUMANA	70
2.23.1 Reciclagem: situação de Foz do Iguaçu.....	73
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	75
3.1 CARACTERIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	75
3.1.1 Perguntas de Pesquisa	79
3.1.2 Delimitação do Estudo	79
3.1.3 Do Universo de Pesquisa e Amostra	80
3.1.4 Dos Sujeitos da Pesquisa	81
3.2 DO PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS E DE ANÁLISE	81
3.2.1 Dados Primários e Secundários	81
3.2.2 Protocolo da Entrevista	83
3.2.3 Do Procedimento de Análise	84
4 ANÁLISE DE DADOS E INFORMAÇÕES	86
4.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA UNIAMÉRICA	88
4.1.1 O Ensino Superior e o Desenvolvimento de Foz do Iguaçu e Região	91
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO DO BLOCO QUATRO	96
4.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO	98
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	100
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	104
REFERÊNCIAS	105
ANEXOS	113

1 INTRODUÇÃO

A dissertação tem como objetivo precípuo o desenvolvimento formal de procedimentos para a gestão de redução e de reaproveitamento de resíduos sólidos, visando utilizá-los na produção de materiais de construção de baixo custo para a indústria da construção civil na região de Foz do Iguaçu-PR.

1.1 A TEMÁTICA, A PROBLEMÁTICA E SUA CONTEXTUALIZAÇÃO

Em 1987, o Relatório *Brundtland Our Common future* dizia que o desenvolvimento, tanto em termos econômico e político como social, humano e não humano é sustentável na medida que satisfizer às necessidades das gerações do presente como do futuro, sem comprometer a capacidade da mãe terra de se auto-organizar. Tratava-se de uma chamada a estender a solidariedade até as gerações futuras. Ao problema ético clássico da distribuição equitativa dos recursos somava-se a questão sobre que recursos, em que forma e a que velocidade distribuir e usar. A resposta geral não é outra senão que em um mundo finito, o crescimento não pode ser sustentado e o desenvolvimento tem que ser sustentável, ou não será.

Concretamente, torna-se imprescindível o uso mais racional dos recursos tais como a energia e as matérias primas naturais, bem como a implantação de uma gestão de resíduos mais lógica. A indústria da construção origina uma enorme corrente de resíduos dos processos de demolição e construção, usando e abusando das matérias primas naturais como os agregados.

Não cabe dúvida de que a importância desta reciclagem não escapou ao Brasil.

A Construção Sustentável baseia-se na prevenção e redução dos resíduos pelo desenvolvimento de tecnologias limpas no uso de materiais recicláveis ou reutilizáveis, no uso dos resíduos como materiais secundários e na coleta e deposição inerte. Portanto, devem ser tomadas medidas que transformem as correntes de resíduos em recursos reutilizáveis. A maior parte de investigações dirigiram-se aos resíduos de construção e demolição. Quando estes resíduos são

selecionados, graduados e limpos adequadamente, torna-se um agregado secundário, cuja utilização, em função da origem e tratamento, cobrem desde um aterro até um concreto.

Em 1999, o Relatório Symonds concluiu que o nível médio de reciclagem, na construção europeia, era somente de 28%, e a demolição seletiva ainda era pouco freqüente. Essa é a causa do predomínio das aplicações nas bases e sub-bases de pavimentos e de um limitado uso no concreto. A situação pode ser decepcionante, se não se impulsar¹ a atividade a partir do setor público, através de um sistema de impostos. Em nosso país, a competição do agregado natural primário é feroz e, até muito recentemente, não se havia adequado as taxas de deposição, nem aplicado com rigor à Lei de Aterros Sanitários Especiais. O voluntariado de investigadores, os técnicos e os importantes investimentos de empresas do setor reciclador não tiveram mais que um modesto reflexo na prática construtiva cotidiana.

O principal obstáculo estava na crença de que um material secundário não pode ter constância na qualidade. Além disto, os materiais secundários estão constantemente sujeitos aos mesmos requerimentos dos primários, por falta de normas adequadas. A produção de materiais secundários de alta qualidade, comparáveis aos primários, é possível, porém os investimentos de produção de tais materiais tendem a ter custos maiores. De uma forma clara, só se pode competir em aplicações de alta tecnologia, como as já citadas, naquelas em que o nível de exigência rebaixa os custos de produção. Por isto, o papel estratégico dos governos ou das autoridades do Estado é decisivo, guiando economicamente as reciclagens e deposições, exigindo o cumprimento das leis, cobrando os impostos e depósitos e orientando os processos de reciclagem. Não se pode esquecer; além disso, que existem situações particulares em que a produção de agregados reciclados de alta qualidade para o concreto pode ser claramente competitiva.

Sabe-se que nenhuma sociedade poderá atingir o desenvolvimento sustentável sem que a construção civil, que lhe dá suporte, passe por profundas transformações.

¹ Na dissertação este termo tem o mesmo significado que impulsar.

A cadeia produtiva da construção civil, também denominada *construbusiness*², apresenta importantes impactos ambientais em todas as etapas do seu processo, estas etapas são:

- a) extração de matérias primas;
- b) produção de materiais;
- c) construção;
- d) uso e demolição.

Qualquer sociedade seriamente preocupada com esta questão deve colocar o aperfeiçoamento da construção civil como prioridade.

Esse grande impacto decorre de diferentes fatores, entre os quais, o enorme peso do macrocomplexo da construção civil na economia. No Brasil, o *construbusiness* corresponde a 14% da economia. Qualquer atividade humana necessita de um ambiente construído adequado para sua operação e, os produtos da construção civil são sempre de grandes dimensões.

O macrocomplexo da construção civil é um dos maiores consumidores de matérias-primas naturais. Estima-se que a construção civil utiliza algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade (SJÖSTRÖM, 1992).

1.2 JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil, tanto no Brasil quanto no exterior, apresenta particularidades que a caracteriza como diferente dos demais setores industriais. E dentre elas, a característica mais marcante, preocupante e conhecida do setor é a sua baixa produtividade.

Nesta indústria, fundamental para o desenvolvimento do Brasil, ainda que, ao contar-se com a junção de todos os setores envolvidos no processo de construção (*construbusiness*), o nível de produtividade tenha aumentado, nos canteiros de obra (processo construtivo), continua-se muito aquém do desejado, principalmente fora dos grandes centros. Só para ter-se uma idéia desta afirmação,

² Indústria da construção civil.

de acordo com dados da empresa de consultoria Mckinsey, a produtividade brasileira equivale a 32% da norte-americana (MAWAKDIYE, 1999).

Reforçando esta afirmativa, MAUÉS (1996), em seus estudos, afirma que a construção civil no Brasil apresenta baixos índices de produtividade em relação a outros países. De acordo com SANTOS (1995), a produtividade nos canteiros brasileiros encontra-se em quarenta e cinco hora/homem/metro/quadrado (a posteriori no texto será usada a sigla hh/m²), enquanto na Dinamarca é de vinte e dois hh/m² (ROSSO, 1974). Ainda, segundo ROSSO (1980), no domínio da edificação pode-se passar de uma produtividade de oitenta hh/m² em um processo artesanal primitivo, a uma de dez hh/m² em um processo industrializado. PICCHI (1993) afirma que a produtividade no Brasil é menor que um quinto da produtividade dos países industrializados (MAUÉS, 1996).

A produtividade, pode-se dizer, é influenciada por diversos fatores distintos e independentes, mas que precisam ser vistos de uma perspectiva sistêmica, englobando todas as atividades da organização. Esse nosso raciocínio vai ao encontro da visão de FONTES, GOTTSCHALK e BORBA (1982) ao afirmarem que o aumento da produtividade resulta dos efeitos combinados de um grande número de fatores, tais como equipamento empregado, melhoramentos técnicos, ambiente físico, circulação da matéria-prima, eficácia da direção, utilização eficaz das unidades de produção e utilização adequada de recursos humanos qualificados; fatores geralmente classificados como ambientais, humanos e tecnológicos. Baseado neste entendimento de produtividade e dado o peso desta característica no desempenho da indústria da construção, é fundamental buscar e procurar amenizar, quem sabe anular os fatores determinantes dessa baixa produtividade.

Ainda baseando-se nos dados da empresa de consultoria McKinsey, essa baixa produtividade se deve à deficiência de planejamento e de gerenciamento de projetos; instabilidade macroeconômica; falta de mecanismos de financiamento de longo prazo e ausência de prestadores de serviços organizados; desenvolvimento insuficiente da indústria de materiais pré-fabricados; baixo grau de automação (MAWAKDIYE, 1999).

SCHMITT, FORMOSO, MOIM e BONIN (1992) afirmam que a indústria da construção civil e, em particular o sub-setor edificações, é freqüentemente criticada

pela sua baixa eficiência produtiva, pela imprevisibilidade de suas operações e pela qualidade de seus produtos aquém das expectativas, mostrando que os principais obstáculos ao desenvolvimento da construção civil no Brasil são:

- a) falta de cultura voltada para o desenvolvimento da qualidade e da produtividade nas operações do setor;
- b) crescente descompasso entre as capacidades da mão-de-obra disponível no setor da construção civil em relação às exigências do seu processo tecnológico;
- c) carência de informações e garantias sobre o real desempenho de produtos e serviços na construção civil devido à escassez de textos normativos e sistematização dos conhecimentos.

Para SMITH (1993), se produtividade é o resultado de todos os esforços individuais e organizacionais relacionados à produção, ao uso e/ou à expedição de produtos, bem como na prestação de serviços. Entende-se que esta problemática, na construção civil, está relacionada principalmente a suas mais fortes características:

- a) a baixa qualificação do trabalhador;
- b) a pouca utilização de novas tecnologias (equipamentos e processos produtivos) e um alto grau de desperdício;
- c) os problemas que exigem uma mudança cultural e um esforço conjunto para serem solucionados.

Desperdício não pode ser visto apenas como o material refogado no canteiro (rejeitos), mas sim como toda e qualquer perda durante o processo. Portanto, qualquer utilização de recursos além do necessário à produção de determinado produto é caracterizada como desperdício classificado conforme:

- a) seu controle;
- b) sua natureza;
- c) sua origem.

De acordo com o controle, as perdas são consideradas inevitáveis (perdas naturais) e evitáveis. Segundo sua natureza, as perdas podem acontecer por superprodução, substituição, espera, transporte, ou no processamento em si, nos

estoques, nos movimentos, pela elaboração de produtos defeituosos, e outras, como roubo, vandalismo, acidentes, etc. Conforme a origem, as perdas podem ocorrer no próprio processo produtivo, como nos que o antecedem, como fabricação de materiais, preparação dos recursos humanos, projetos, planejamento e suprimentos. Observe-se que, em todos os casos, a qualificação do trabalhador está presente.

Antonio Sergio Itri Conte (presidente do *Lean Construction Institute*, no Brasil) corrobora a afirmação precedente ao dizer que a grande causa do desperdício na construção, hoje, é o estoque de mão-de-obra, devido a pouca clareza do plano de produção, que leva os engenheiros a elevarem o número de trabalhadores para não correr o risco de que a obra pare por falta de pessoal.

Apesar disso, as perdas de materiais são destaques quando se trata de desperdício na construção civil, por ser a parcela visível e também porque o consumo desnecessário de material resulta numa alta produção de resíduos, causa transtornos nas cidades, reduz a disponibilidade futura de materiais e energia e provoca uma demanda desnecessária no sistema de transporte, além da alta participação dos materiais na composição do Custo Unitário Básico - CUB (70%).

São muitas as causas das perdas na construção civil, como pode ser constatado nos estudos de SKOYLES (1976); PINTO (1989); PICCHI (1993); Grupo de Gerenciamento UFSC (1997); MORAES (1997), dentre outros.

Mais recentemente, o desperdício na construção foi estudado por uma investigação bastante abrangente em nível nacional, na qual foram pesquisados oitenta e cinco canteiros de obras de setenta e cinco empresas construtoras em doze estados, medindo o consumo e perdas relativos a dezoito tipos de materiais e diversos serviços.

A pesquisa, coordenada pelos professores Ubiraci Espinelli Lemes de Souza e Vahan Agopyan (Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP), constatou, uma variedade grande de desempenho entre uma e outra empresa, tais como perdas mínimas (2,5%) comparáveis aos melhores índices internacionais, ao mesmo tempo, um desperdício alarmante de (133%) devido às muitas falhas cometidas na empresa. Também foram constatadas diferenças dentro de uma mesma empresa, de um serviço para outro. O estudo mostrou, principalmente, que o desperdício, em média, é muito menor que o legendário e

divulgado desperdício de 30%, ou de uma casa a cada três construídas. Por exemplo, no caso do concreto usinado a maior perda registrada foi de 23,34%, a média ficou em 9,59%, e a mediana em 8,41% (SOUZA; AGOPYAN, 1999).

Deve-se ter consciência de que a construção civil não é a grande vilã do desperdício. Os demais setores da indústria e, também de serviços têm um grande desperdício, porém, como na maioria dos casos, não gera entulho, este não é percebido pela população em geral.

Ainda que não seja a única indústria a ter um alto desperdício, que as perdas de materiais não atinjam o índice de 30%, há que se ter consciência de que o desperdício na construção é bastante grande, envolvendo diversos outros fatores. Assim sendo, na citada investigação, destaca-se um fator de maior relevância que a quantificação das perdas, ou seja, a detecção de onde e o motivo porque as perdas ocorrem, gerando um banco de dados destas informações.

Disso, percebe emergir a possibilidade de criação, também, de um banco de dados das possíveis melhorias dos diversos fatores que geram as perdas, pois se entende que não basta medir, saber quanto se perde, ainda que isso seja importante, mas sim, a partir dos estudos já feitos, buscar alternativas para solução. Estas alternativas devem ser partilhadas por todo o setor, e não serem apenas soluções únicas de cada empresa. Ainda que cientes das especificidades locais, percebe-se a possibilidade de se pensar em nível estratégico na busca da solução ou minimização deste problema e de suas implicações sociais. A partir da discussão apresentada, a questão que norteia a presente pesquisa é: **como reduzir e reaproveitar os resíduos sólidos da indústria da construção civil visando minimizar custos, maximizar resultados, reduzir tempo de construção e amenizar impactos ambientais?**

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar e formalizar procedimentos para a redução e a reutilização de resíduos sólidos visando o reaproveitamento de materiais de construção na indústria da construção civil.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) analisar procedimentos para viabilizar a produção de materiais de construção de baixo custo para a indústria da construção civil por meio da redução e da reutilização de resíduos sólidos;
- b) indicar teoricamente um padrão de controle de produção, para garantir a qualidade dos materiais, em consonância com as orientações das NBRs da ABNT, referente à construção civil;
- c) caracterizar procedimentos factíveis que permitam uma possível melhoria contínua nos processos de produção dos canteiros de obras.

1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Na introdução da dissertação, além da apresentação do tema e do problema de pesquisa e da contextualização sobre a questão ambiental em termos de desperdícios de materiais de construção, encontram-se expostos os objetivos da pesquisa. Na seqüência, apresentam-se a justificativa e a relevância do estudo para a temática em questão. Finaliza-se esta introdução com apresentação sintética da organização da dissertação.

No segundo capítulo, são descritos e analisados os principais conceitos teóricos da revisão da literatura que ancoraram o desenvolvimento da dissertação.

No terceiro capítulo apresentam-se os procedimentos metodológicos. Inicia-se com uma breve introdução do significado da metodologia e a importância dos

aspectos metodológicos na pesquisa científica. Em seguida, demonstra-se a caracterização do tipo de pesquisa, o delineamento da pesquisa, as técnicas de coleta de dados, de análise dos dados e de interpretações de dados e informações, bem como as limitações da pesquisa.

No quarto capítulo encontram-se a análise e a interpretação dos dados e informações da empresa e da edificação que serviram como objetos de análise. Encontra-se também a conclusão da pesquisa de campo.

Finalizando, o quinto capítulo contém as principais reflexões e conclusões da dissertação, bem como indicações de futuros estudos no campo da construção civil, sintonizadas com a gestão ambiental.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo de revisão da literatura, encontram-se os fundamentos básicos que subsidiam os princípios de sustentabilidade na indústria da construção civil.

2.1 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O homem, de acordo com CAPRA (2002), deverá nesta geração, com vistas às gerações vindouras, aproveitar de modo inteligente e responsável os recursos que geralmente são oferecidos gratuitamente pela mãe natureza. Assim, na indústria da construção civil fazer uso de resíduos, conjuntamente com o princípio da redução de tempo, de resíduos sólidos e de custo da obra, pode ser um mecanismo que contribua com a idéia de crescimento e sustentabilidade. Ressalta-se que crescimento e sustentabilidade são conceitos paradoxais.

2.1.1 Desenvolvimento Sustentável

Ao longo da história da humanidade, a visão de progresso vem se confundindo com um crescente domínio e transformação da natureza. Neste paradigma, os recursos naturais são vistos como ilimitados. Resíduos gerados durante a produção e ao final da vida útil dos produtos são depositados em aterros, caracterizando um modelo linear de produção. A preservação da natureza foi vista de forma geral como antagônica ao desenvolvimento. Neste contexto, a preservação da natureza significou a criação de parques, áreas especiais destinadas a preservação de amostras da natureza para as gerações futuras, evitando-se a extinção de espécies (JOHN, 1995).

O primeiro alerta dos limites desse modelo foi à poluição do ar e da água, que levou à geração do conceito de controle ambiental da fase de produção industrial, com o estabelecimento de rígida legislação limitando a liberação de poluentes e com

a criação de Agências Ambientais. Em grande medida, essa visão ainda está presente no movimento ambiental, algumas vezes denominado de preservacionista, e na ainda limitada consciência ambiental dos brasileiros. Preservação ambiental é, antes de tudo, preservação de espécies em extinção, de áreas de matas nativas e rios.

A visão de desenvolvimento sustentável surge como decorrência da percepção sobre a incapacidade desse modelo de desenvolvimento e de preservação ambiental se perpetuar e até mesmo garantir a sobrevivência da espécie humana. O avanço do conhecimento sobre os efeitos de poluentes orgânicos biopersistentes, as catástrofes planetárias como a destruição da camada de ozônio por gases produzidos e liberados pelo homem e o conhecido efeito estufa demonstram que a preservação da natureza vai exigir uma reformulação mais ampla dos processos produtivos e de consumo. Isso implica uma reformulação radical da visão de impacto ambiental das atividades humanas, que passa também a incorporar todos os impactos das atividades de produção e de consumo, desde a extração da matéria prima, os processos industriais, o transporte e o destino dos resíduos de produção e também o do produto após a sua utilização. Além dos regulamentos que limitam a poluição do ar e da água e protegem vegetação e espécies naturais, é evidente a necessidade de uma análise crítica dos processos de produção e de consumo. Em vista disso, a proteção ambiental deixa de ser uma preocupação de ambientalistas e funcionários de órgãos ambientais, para entrar no mundo dos negócios. A série de normas ISO 14.000 é a parte mais visível de um movimento empresarial que envolve, pela primeira vez, organizações não-governamentais integradas por empresas.

A Conferência sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente das Nações Unidas (Rio 92) consolida através da AGENDA 21, a visão de que desenvolvimento sustentável não apenas demanda a preservação dos recursos naturais, de modo a garantir para as gerações futuras iguais condições de desenvolvimento - a equidade entre gerações - mas também uma maior equidade no acesso aos benefícios do desenvolvimento - a igualdade intrageração. Esse último postulado tem conseqüências sociais importantes.

2.2 A CONSTRUÇÃO CIVIL E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Nenhuma sociedade poderá atingir o desenvolvimento sustentável sem que a construção civil, que lhe dá suporte, passe por profundas transformações (JOHN, 1995).

Observa-se que o processo produtivo da construção civil (*construbusiness*), apresenta impactos ambientais relevantes em todas as suas etapas. Esse processo pode ser sintetizado como segue:

- a) extração de matérias primas;
- b) produção de materiais;
- c) construção;
- d) uso e demolição.

Sabe-se que qualquer sociedade seriamente preocupada com esta questão deverá colocar o aperfeiçoamento da construção civil como prioridade.

Esse grande impacto decorre de diferentes fatores, entre os quais, o enorme peso do macrocomplexo ³ da construção civil na economia. No Brasil, o *construbusiness* corresponde a 14% da economia (JOHN, 1995). Qualquer atividade humana necessita de um ambiente construído adequado para sua operação, e, os produtos da construção civil são sempre de grandes dimensões.

O macrocomplexo da construção civil é um dos maiores consumidores de matérias-primas naturais. Estima-se que a construção civil utiliza algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade (SJÖSTRÖM, 1992). O setor consome, por exemplo, enormes quantidades de materiais com significativo conteúdo energético, que necessitam ser transportados a grandes distâncias. Estima-se que cerca de 80% da energia utilizada na produção de um edifício é consumida na produção e transporte de materiais (CONSTRUCTION, 1996).

O consumo de agregados, na construção civil, também é muito grande (Ver Tabela 1). Algumas reservas de matérias-primas estão atualmente, bastante

³ Representa os principais interessados na indústria da construção civil.

limitadas, a exemplo das reservas mundiais de cobre, com vida útil estimada em pouco mais de 60 anos (CONSTRUCTION, 1996). Numa cidade como São Paulo, o esgotamento das reservas próximas da capital faz com que a areia natural já seja transportada de distâncias superiores a 100 km, implicando enorme consumo de energia e geração de poluição.

País	Mton	Mton per capita
França	138	2,45
Japão b	1,90	1,54
Coréia do Sul	46	1,07
Reino Unido	319	5,56
USA	1937	7,74
Brasil (concreto e argamassa) ⁴	~200	~1,24

Tabela 1: Produção anual de agregados em diversos países, no ano de 1988, (CONSTRUCTION, 1996) e estimativa para o Brasil.

As atividades de produção de matérias-primas, de canteiro e até mesmo de manutenção e demolição geram impactos ambientais, como resíduos, ruído, poeira, além dos poluentes industriais.

O macrocomplexo da indústria da construção civil é a principal geradora de resíduos da economia. Os resíduos produzidos nas atividades de construção, manutenção e demolição têm estimativa de geração muito variável (JOHN, 2000). Os valores encontrados, na bibliografia internacional, variam de 163 a mais de 3000 kg/hab./ano. No entanto, os valores típicos encontram-se entre 400 e 500 kg/hab./ano, valor igual ou superior à massa de lixo urbano. Parte significativa desses resíduos são depositados ilegalmente, acumula-se nas cidades, gerando custos e agravando problemas urbanos, como enchentes e tráfego (PINTO, 1999). A produção dos materiais que a construção consome também gera resíduos, como as escórias de alto forno e de aciaria, resíduos cerâmicos, etc. Pelo menos, parte desses resíduos já é reciclada pela construção civil. De maneira geral, estima-se que o *construbusiness* seja responsável por cerca de 40% dos resíduos gerados na economia (JOHN, 2000; PINTO, 1999).

⁴ Estimativa do autor, que considera a produção de cimento dos últimos anos em aproximadamente 36 Mton, uma proporção média cimento: agregados 1:5,5 e uma população de 160 milhões de habitantes. A esse valor devem ainda ser somados os agregados utilizados na construção de rodovias, entre outros.

A fase de uso dos edifícios e de outras construções também possui impacto ambiental significativo, especialmente se considerarmos o estoque de produtos da construção civil em uso. Os edifícios são responsáveis por cerca de 50% do consumo de energia elétrica no Brasil (LAMBERTS; WESTPHAL, 2000). A sua operação consome água, tanto em suporte às atividades desenvolvidas quanto em limpeza. Atividades de manutenção e de demolição geram resíduos, poeira e ruído. Durante a vida útil de um edifício, as atividades de manutenção consomem recursos em volume aproximadamente igual aos despendidos na fase de produção (JOHN, 1988). O interior de edifícios é, de maneira geral, sempre mais poluído que o ar exterior; tanto pela geração de poeiras e proliferação de micro-organismos quanto pela liberação de compostos orgânicos voláteis, nocivos à saúde dos usuários.

Esse significativo impacto ambiental da construção civil tem levado diferentes países a adotarem políticas ambientais específicas para o setor. Conseqüentemente, a agenda ambiental é prioridade em muitas regiões do mundo. A *Civil Engineering Research Foundation* - CERF, entidade dedicada a promover a modernização da construção civil dos Estados Unidos, realizou uma pesquisa com 1.500 construtores, projetistas e pesquisadores de todo o mundo (BERNSTEIN, 1996), visando a detectar quais as tendências consideradas fundamentais para o futuro do setor. Nesta pesquisa, a **questão ambiental** foi considerada a segunda tendência mais importante para o futuro, conforme figura 1, a seguir. Com base nesses resultados, a entidade definiu 38 propostas diferentes de pesquisa.

A figura 1, a seguir, indica estas tendências.

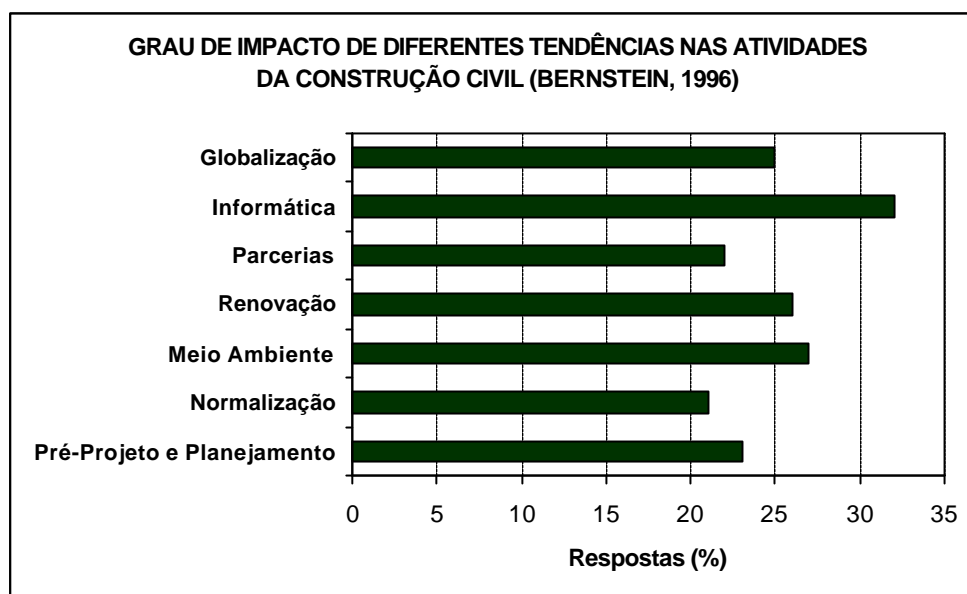


Figura 1: Grau de impacto de diferentes tendências nas atividades da construção civil (Bernstrein, 1996).

Essa tendência à regulamentação tem causado mobilização internacional do *construbusiness*. A *European Construction Industry Federation* possui, desde 1996, agenda específica para o tema (CONSTRUCTION, 1996). O *International Council for Research and Inovation in Building and Construction* - CIB colocou, entre suas prioridades de pesquisa e desenvolvimento, o desenvolvimento sustentável. A entidade produziu a Agenda 21 para a construção civil, agora traduzida para o português pelo PCC USP.

De um modo geral, a redução do impacto ambiental da construção civil é tarefa complexa, sendo necessário agir em várias frentes de maneira combinada e simultânea (KILBERT, 1994). Assim, o autor aponta algumas questões a serem observadas:

- a) minimizar o consumo de recursos (conservar);
- b) maximizar a reutilização de recursos (reutilizar materiais e componentes);
- c) usar recursos renováveis ou recicláveis (renovar/reciclar);
- d) proteger o meio ambiente (proteção da natureza);
- e) criar um ambiente saudável e não tóxico (utilizar não tóxicos);
- f) buscar a qualidade na criação do ambiente construído (aumentar a qualidade).

Para a Agenda 21 do CIB (2000), essas ações deverão considerar os seguintes aspectos:

- a) organizacionais e de gestão;
- b) *design* de componentes e de edifícios, incluindo aspectos relativos a reciclabilidade;
- c) conservação de recursos naturais;
- d) desenvolvimento urbano;
- e) outros impactos ambientais relacionados a atividades do setor;
- f) aspectos sociais, culturais e econômicos.

Essas diretrizes gerais devem se manifestar em preocupações técnicas específicas. Por exemplo, a durabilidade deixa de ser um aspecto importante apenas do ponto de vista econômico e passa a significar o tempo em que as atividades que implicaram determinado impacto ambiental cumprem sua função social (SJÖSTRÖM, 1996), minimizando o consumo de recursos, preservando a natureza e minimizando o impacto ambiental. O aumento da durabilidade vai exigir alterações no *design* e em procedimentos organizacionais e de gestão. É necessário perceber que o aumento da durabilidade, expresso em termos de vida útil, depende não apenas da taxa de degradação física de materiais e de componentes (determinada pela interação entre os materiais selecionados e o macro e micro-climas), mas também da degradação social (JOHN, 1987), que pode ser entendida como consequência de mudanças nas necessidades dos usuários com o decorrer do tempo. Essas mudanças são um reflexo cultural das transformações que a sociedade sofre, seja em termos de tecnologia ou de mudança de poder aquisitivo, e inclui aspectos de cunho eminentemente social, como o gosto ou a moda. A durabilidade, pois, deve ser controlada pela possibilidade de re-adequação às mudanças nas necessidades dos usuários (JOHN; KRAAYENBRINK; VAN WAMELEN, 1996).

A seleção de materiais deixará de ser feita apenas com base em critérios estéticos, mecânicos e econômicos, mas estará condicionada a diferentes questões como contaminação do ar interno (considerando as taxas de ventilação ambiental), durabilidade no ambiente a que estes materiais serão expostos, possíveis impactos

ambientais da sua deposição e possibilidades de reciclagem. Esses critérios constituirão parte integrante das atividades diárias dos engenheiros e arquitetos.

2.3 RECICLAGEM E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Os resíduos são produtos gerados pelos processos econômicos, que incluem atividades extrativistas, produção industrial e de serviços, bem como do consumo, até mesmo de preservação ambiental, como a escória de sinterização de resíduos urbanos, ambos com emprego na construção civil.

O macrocomplexo da construção civil é o maior responsável pela reciclagem no Brasil e na maioria dos países. A quase totalidade das armaduras para reforço passivo de concreto e do cimento Portland, comercializados no Brasil, contém elevado teor de resíduos, com grandes benefícios ambientais para a sociedade.

2.3.1 Vantagens Ambientais da Reciclagem

As possibilidades de redução dos resíduos gerados nos diferentes processos produtivos apresentam limites técnicos objetivos. Os resíduos, portanto, sempre existirão. A política de proteção ambiental hoje vigente é voltada quase que exclusivamente para a deposição controlada desses resíduos. Essa política apresenta limites diversos. Um óbvio limite é que os aterros controlados constituem desperdício, por tempo indefinido, de um recurso limitado, o solo, além de concentrar enormes quantidades de resíduos perigosos e sempre estar sujeito a acidentes de graves conseqüências. Para controlar o risco de acidentes, a normalização desses aterros tem recebido aperfeiçoamentos constantes, os quais têm elevado o preço desses serviços a valores muitas vezes insuportáveis. Na grande São Paulo, esses valores facilmente ultrapassam a US\$ 100/ton. Esses custos representam um fator de limitação para qualquer política, por várias razões, dentre as quais se destaca o fato de tornar as empresas geradoras de resíduos **inimigas** dessas políticas.

A reciclagem, por outro lado, é uma oportunidade de transformação de uma

fonte importante de despesa numa fonte de faturamento ou, pelo menos, de redução das despesas de deposição. Uma grande siderúrgica, por exemplo, produz mais de 1 milhão de toneladas de escória de alto forno por ano. A reciclagem desse material na indústria cimenteira, entre outras, mesmo se comercializado a baixo preço é um excelente negócio, pois elimina as despesas com o gerenciamento e deposição do resíduo.

Se, na ponta geradora do resíduo, a reciclagem significa redução de custos e até mesmo novas oportunidades de negócios, na outra ponta do processo a cadeia produtiva que recicla reduz o volume de extração de matérias-primas, preservando recursos naturais limitados (CAPRA, 2002; PORTER, 1999).

A incorporação de resíduos na produção de materiais também pode reduzir consumo de energia, não apenas pelo fato desses produtos freqüentemente incorporarem grandes quantidades de energia, mas, também, porque se podem reduzir as distâncias de transporte de matérias-primas. No caso das escórias e pozolanas, é esse nível de energia que permite produção de cimentos sem a calcinação da matéria prima, permitindo uma redução de consumo energético de até 80% (JOHN, 1995a). Finalmente, a incorporação de resíduos no processo produtivo, muitas vezes, permite a redução da poluição gerada. Por exemplo, a incorporação de escórias e pozolanas reduz substancialmente a produção de CO₂, no processo de produção do cimento. A tabela 2 resume o impacto ambiental da reciclagem em alguns materiais da construção civil.

Finalmente, a incorporação de resíduos permite muitas vezes a produção de materiais com melhores características técnicas, como é o caso da adição de microssílica, que viabiliza concretos de alta resistência mecânica, e da escória de alto forno, que melhora o desempenho do concreto frente à corrosão por cloretos.

O incentivo à reciclagem deve ser; então, uma parte importante de qualquer política ambiental (*PROPOSAL TO EUROPEAN COMMUNITY BRITISH EURAM PROGRAM - ENBRI*, 1994; JOHN, 2000).

Impacto Ambiental	Aço	Vidro	Cimento⁵
Consumo de Energia	74	6	40
Consumo de Matéria Prima	90	54	50
Consumo de Água	40	50	-
Poluentes Atmosféricos	86	22	<50 ⁶²
Poluição Aquática	76	-	-
Resíduos em Geral	105	54	-
Resíduos Minerais	97	79	-

Tabela 2: Redução do impacto ambiental (em %) da reciclagem de resíduos na produção de alguns materiais de construção civil (a partir da Udaeta & Kanayama, 1997).

2.3.2 Riscos da Reciclagem

A reciclagem de resíduos apresenta, também, dois tipos de risco. O primeiro é o risco associado a qualquer inovação tecnológica na construção civil, pois a natureza empírica do conhecimento e a falta de tradição em inovação tecnológica, aliadas à longa durabilidade requerida, têm significado desempenho inadequado de muitas novas tecnologias introduzidas no mercado (JOHN, 1995b). A esse problema soma-se o risco inerente à própria reciclagem, pois muitos resíduos são considerados perigosos, uma vez que possuem elevadas concentrações de espécies químicas perigosas (JOHN, 2000).

2.3.3 Reciclagem Primária *versus* Secundária

As possibilidades de reciclagem de resíduos, dentro do próprio processo responsável por sua geração, são limitadas ou, muitas vezes, de alto custo. Assim, a reciclagem secundária dos resíduos é alternativa que deve ainda ser explorada.

A reciclagem primária, definida como a reciclagem do resíduo dentro do mesmo processo que o originou, é muito comum e possui grande importância na produção do aço e do vidro, embora seja, muitas vezes, técnica ou economicamente inviável (ALL, 1993). Dificuldades com a pureza, a necessidade de controle estreito

⁵ Substituição por 50% de escória de alto forno.

⁶ Produção de CO₂.

da uniformidade das matérias-primas e a concentração de plantas industriais em determinadas regiões, tornando necessário o transporte de resíduos a longas distâncias, são fatores que diminuem a competitividade da reciclagem primária.

Já a reciclagem secundária, definida como a reciclagem de um resíduo em outro processo produtivo, diverso daquele que o originou, apresenta inúmeras possibilidades, particularmente no macrocomplexo da construção civil.

Como já foi dito, a construção civil utiliza grandes volumes de diferentes materiais. Diferentemente de outras indústrias, os materiais utilizados, em sua maioria, são de composição e produção simples - especialmente os componentes que fazem uso do cimento Portland -, toleram variabilidade razoável e exigem baixas resistências mecânicas. Finalmente, atividades de produção relacionadas ao macrocomplexo estão presentes em todas as regiões de qualquer país.

Muitos dos produtos da construção civil estarão protegidos do contato direto com as intempéries. Este aspecto pode ser interessante ao encapsulamento de resíduos industriais perigosos. Muita pesquisa tem sido feita nesse sentido, infelizmente sem se atentar para eventuais problemas de saúde dos trabalhadores e dos usuários das construções.

2.3.4 Reciclagem de Resíduos e Multidisciplinaridade

JOHN (2000) apresenta uma proposta de metodologia para pesquisa e desenvolvimento de reciclagem de resíduos com materiais de construção civil.

Resumidamente, a reciclagem de resíduos como material de construção envolve:

- a) a caracterização física e química e da microestrutura do resíduo, incluindo o seu risco ambiental;
- b) a busca de possíveis aplicações dentro da construção civil, considerando as características do resíduo;
- c) o desenvolvimento de diferentes aplicações, incluindo seu processo de produção, com base em ciência dos materiais;
- d) a análise de desempenho frente às diferentes necessidades dos usuários

- para cada aplicação específica;
- e) a análise do risco ambiental do novo produto, incluindo contaminação do lençol freático, do ar interno e dos trabalhadores;
 - f) a análise do impacto ambiental do novo produto, numa abordagem **do berço à sepultura**, como está sendo chamada, que necessariamente deve envolver avaliação de riscos à saúde dos trabalhadores e dos usuários;
 - g) a análise da viabilidade econômica;
 - h) a transferência da tecnologia.

O desenvolvimento dessas atividades exige a capacidade de integração de conhecimentos vinculados a diferentes especializações, num trabalho multidisciplinar típico, com profissionais de áreas tão diversas como Ciências da Vida (Medicina, Biologia), Química, Marketing e Engenharia de Materiais. Todas elas são igualmente importantes na viabilização de uma reciclagem. A tabela 3, a seguir, apresenta algumas das atividades envolvidas em cada etapa do processo.

	Materiais	Finanças	Química	Ciências da Vida	Marketing	Produção	Ambiental	Produtor do Resíduo
Caracterização	o		o	o		o		o
Seleção de Aplicações	o	o		o	o	o	o	o
Desenvolvimento	o	o			o	o	o	o
Desempenho	o	o	o	o		o	o	
Impacto Ambiental	o	o	o	o		o	o	o
Atividades Típicas da Engenharia Civil	o					o	o	o

Tabela 3: Conhecimento envolvido em um estudo de reciclagem. Na última linha, estão destacados os conhecimentos típicos da construção civil.

É recomendável que participe do processo um especialista da indústria que produz o resíduo, pois somente esse profissional pode trazer informações sobre a exata composição do resíduo, amplitude da variabilidade de sua composição química e até mesmo julgar a possibilidade de alteração de algum aspecto do processo produtivo gerador do resíduo, de forma a tornar a reciclagem mais competitiva.

A integração dos conhecimentos e do universo da construção civil com os conhecimentos da área das Ciências da Vida é indispensável quando se investiga a reciclagem ou encapsulamento de resíduos potencialmente nocivos. Apesar desta importância até o momento não existe metodologia satisfatória disponível.

A integração de conceitos de *marketing* e de finanças talvez seja a menos compreendida entre os pesquisadores, mas, nem por isso, deixa de ser uma das mais importantes. Qualquer produto, contendo resíduos ou não, precisa ser adequado ao mercado. Num setor conservador como a construção civil, com pouca experiência em inovação tecnológica, a introdução de um novo produto no mercado necessita ser realizada de acordo com um plano previamente estudado e definido.

A viabilidade financeira é certamente fundamental em todas as etapas, e deve ser avaliada em função do valor de mercado do produto, dos custos do processo de reciclagem e do custo da disposição em aterro. Uma metodologia específica precisa ser desenvolvida. A importância desse aspecto é facilmente percebida pela verificação que muitos produtos, tecnicamente viáveis e plenamente desenvolvidos, nunca chegam ao mercado.

Esta abordagem multidisciplinar, necessária ao desenvolvimento do processo de reciclagem, vai requerer habilidades adicionais dos engenheiros civis envolvidos no processo.

A complexidade e a multiplicidade de pessoas e aspectos envolvidos no projeto exigem o desenvolvimento de uma abordagem sistêmica, em que o impacto de cada decisão ou resultado experimental seja avaliado simultaneamente em todas as demais atividades que estão sendo desenvolvidas (CAPRA, 2002).

São também necessários o reconhecimento da importância das demais disciplinas e uma compreensão mínima ou entendimento da linguagem de cada uma delas, o que exige um nível mínimo de conhecimento técnico sobre cada uma. Este nível de conhecimento somente poderá ser obtido a partir de uma formação holística do profissional (MORGAN, 1996).

O conceito de desenvolvimento sustentável está criando profundas raízes na sociedade e, certamente, deverá atingir as atividades do macrocomplexo da construção civil, da extração de matérias-primas, da produção de materiais de construção, estendendo-se do canteiro às etapas de operação/manutenção e

demolição. A partir desse conceito, a reciclagem de resíduos de outras indústrias é uma tendência que deverá ser aprofundada no setor. O desenvolvimento de produtos contendo resíduos, alguns deles perigosos, é atividade multidisciplinar. Os engenheiros civis deverão estar preparados para o desenvolvimento dessas atividades e utilização dos resíduos.

2.4 GESTÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM ÁREAS URBANAS - DA INEFICÁCIA A UM MODELO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL

A aceleração do processo de urbanização e a estabilização da economia, nos últimos anos, colocaram em evidência o enorme volume de resíduos de construção e demolição que vem sendo gerado nas cidades brasileiras, à semelhança do que já era observado em regiões densamente povoadas de outros países, demonstrando que as municipalidades não estão estruturadas para o gerenciamento de volume tão significativo de resíduos e para o gerenciamento dos inúmeros problemas por eles criados (CAPRA, 2002; JOHN, 1995).

As soluções atualmente adotadas, na imensa maioria dos municípios, são sempre emergenciais e, quando se tornam rotineiras, têm significado sempre atuações em que os gestores se mantêm como coadjuvantes dos problemas. Num ou noutro caso, caracterizam uma prática que pode ser denominada de **Gestão Corretiva** (PINTO, 1999).

A Gestão Corretiva caracteriza-se por englobar atividades não preventivas, repetitivas e custosas, que não surtem resultados adequados, e são, por isso, profundamente ineficientes. A Gestão Corretiva se sustenta na inevitabilidade de áreas com deposições irregulares degradando o ambiente urbano, e se sustenta enquanto houver a disponibilidade de áreas de aterramento nas proximidades das regiões fortemente geradoras de Resíduos de Construção e Demolição – RCD (PINTO, 1999).

Além disso, a gestão corretiva acarreta efeitos perversos, uma vez que a prática contínua de aterramento, no ambiente urbano, com volumes tão significativos, elimina, progressivamente, as áreas naturais (várzeas, vales, mangues

e outras regiões de baixada), que servem como escoadouro dos elevados volumes de água concentrada nas superfícies urbanas impermeabilizadas.

Assim, a pressão da alta geração de RCD encontra municipalidades desaparelhadas, que só têm a ineficácia da Gestão Corretiva como solução, e não podem contar com o suporte de políticas centrais de saneamento, as quais só recentemente vêm buscando incorporar preocupações com os resíduos sólidos (não-inertes), mas ainda não detectaram a extensão da geração de resíduos inertes na construção e na demolição.

Por todos esses aspectos, pode-se caracterizar a Gestão Corretiva como uma prática sem sustentabilidade. Sua ineficiência impõe a necessidade de traçar novas políticas específicas para o domínio dos resíduos de construção e demolição, ancoradas em estratégias sustentáveis, como o correto envolvimento dos agentes atuantes e a intensa reciclagem dos resíduos captados (PINTO, 1999). Na tabela 4, na seqüência, encontra-se o preço médio dos agregados britados de algumas cidades brasileiras.

CIDADES	REGIAO DO PAÍS	PREÇO MÉDIO PARA AGREGADOS BRITADOS RS/t
Porto Alegre / RS	S	11,00
Florianópolis / SC	S	15,80
Curitiba / PR	S	11,44
São Paulo / SP	SE	13,33
Santo André / SP	SE	13,33
Jundiaí / SP	SE	11,33
São José dos Campos / SP	SE	11,36
Ribeirão Preto / SP	SE	11,56
São José do Rio Preto / SP	SE	12,00
Rio de Janeiro / RJ	SE	11,00
Belo Horizonte / MG	SE	11,00
Brasília / DF	CO	18,67
Goiânia / GO	CO	14,67
Campo Grande / MS	CO	12,33
Salvador / BA	NE	20,00
Vitória da Conquista / BA	NE	18,67
Recife / PE	NE	18,00
Fortaleza / CE	NE	12,67
Belém / PA	N	30,00

Tabela 4: Preços médios indicativos para os agregados naturais em regiões brasileiras⁷.

⁷ Pesquisa junto a distribuidores locais, para vendas de carga fechada, material posto em obra.

2.5 BASES LEGAIS PARA UMA NOVA GESTÃO

A proposição da Gestão Diferenciada dos RCD, um novo modelo que objetiva a qualidade do serviço de limpeza e do próprio ambiente urbano, altera o papel de alguns agentes, possibilita o exercício de competências que comumente são inviáveis de serem assumidas e introduz a necessidade de aprimorarem-se alguns instrumentos jurídicos para que os novos procedimentos se consolidem (PINTO, 1999).

A Gestão Diferenciada dos RCD deve ser vista como uma atividade recuperadora e preservadora do meio ambiente local, como o exercício efetivo das competências municipais previstas nas leis maiores e em documentos recentes, como a Lei N° 9.605 -12/02/1998, Lei do Meio Ambiente (BRASIL, 1998).

A implementação da Gestão Diferenciada e das diretrizes para facilitar e disciplinar os agentes, é expressão de competência privativa do Poder Público municipal e do seu necessário papel regulador. Segundo CAVALCANTI *et al.* (1996), “[...] para que o mercado funcione a favor da sustentabilidade, uma regulação com salvaguardas a favor da natureza deve ser introduzida, fixando-se restrições a seu funcionamento naquilo que o mercado é incapaz de enxergar (como o interesse das gerações futuras), juntamente com critérios éticos e morais para a distribuição intergeracional de recursos”.

2.6 CUSTOS OPERACIONAIS E INVESTIMENTOS PARA A GESTÃO DIFERENCIADA

A Gestão Diferenciada dos RCD possibilita a eliminação dos dispêndios emergenciais e não-preventivos, típicos da Gestão Corretiva, por estar sustentada em ações menos custosas, definidas para a atração e o envolvimento dos diversos agentes inseridos no fluxo dos RCD. São fatores redutores de custo:

- a) a entrega voluntária dos resíduos;
- b) a oferta da ação dos coletores nucleados;
- c) a diferenciação dos resíduos e seu transporte especializado;

- d) a perenidade conferida às áreas de atração dos grandes volumes;
- e) a substituição de agregados naturais por reciclados menos custosos.

A implantação da Gestão Diferenciada requer investimentos em equipamentos, obras civis e montagem de equipe operacional diferenciada. São investimentos e custos que irão ocorrer no quadro de peculiaridades de cada municipalidade que aderir à Gestão Diferenciada dos RCD. Os indicadores básicos dos investimentos, apresentados nas próximas tabelas, devem ser considerados no contexto das variáveis e condicionantes locais (PINTO, 1999).

A introdução da Gestão Diferenciada dos RCD e de seus novos procedimentos propicia resultados economicamente expressivos em cada um deles, permitindo visualizar-se que a junção de menores custos de limpeza urbana com o benefício da substituição de agregados convencionais por resíduos muito menos custosos compõe a equação de sustentação do novo modelo, que o torna extremamente atraente para municipalidades brasileiras de médio e de grande porte (PINTO, 1999). A tabela 5, a seguir, indica os custos e os investimentos para as obras civis.

INSTALAÇÃO	ÁREA APROXIMADA (m²)	CUSTO ESTIMADO (R\$)
Área componente da Rede de Atração (Local de Entrega Voluntária)	300	11.250
Central de Reciclagem	5.000	60.000

Tabela 5: Parâmetros para obras civis em áreas de atração e reciclagem⁸

2.7 CARACTERÍSTICAS DO ENTULHO E DO AGREGADO RECICLADO

Os resíduos provenientes das atividades de construção e de demolição, usualmente chamados de entulho, são geralmente considerados como material inerte, constituindo, quase sempre, a maior parcela dos resíduos sólidos gerados no ambiente urbano. Nos países da Europa Ocidental, a geração de entulho equivale a uma quantidade entre 0,7 e 1,0 tonelada por habitante/ano, correspondendo, assim,

⁸ Preços orçados para São Paulo/SP, 1998, incluso BDI - Bonificação e Despesas Indiretas.

ao dobro dos demais resíduos sólidos urbanos gerados pela sociedade (PERA, 1996). Segundo PINTO (1999), para seis municípios brasileiros pesquisados, o entulho corresponde a uma quantidade entre 54% e 70% dos resíduos sólidos urbanos, representando uma geração per capita entre 0,4 e 0,76 tonelada por habitante/ano.

Com a intensificação do processo de urbanização, a quantidade de resíduos gerados pelas obras de construção é cada vez mais elevada, quer pelas demolições decorrentes do processo de renovação urbana, quer por novas edificações. Estimativas apontam para uma produção mundial entre dois e três bilhões de toneladas/ano (LAURITZEN, 1994). Considerando a geração de 0,4 tonelada por habitante/dia, são produzidos, no Brasil, cerca de 68 milhões de toneladas/ano de entulho. O crescimento populacional constitui um fator importante nessa geração, visto que contribui para o aumento da produção desses resíduos. Além disso, o déficit habitacional pressiona a sociedade a expandir o número de habitações nos próximos anos, o que contribui, também, para o aumento da geração de entulho.

O alto índice de perdas na construção também colabora nesse aumento. Programas de redução de perdas e gestão da qualidade, que algumas empresas do setor da construção civil no Brasil vem recentemente implantando, contribuem para reduzir a geração do entulho e permitem o seu gerenciamento adequado no canteiro. Contudo, a implantação de tecnologias visando à reutilização e à reciclagem desse material é fundamental num processo de gestão adequada, pois a quantidade de entulho gerado pelas obras de construção, demolição ou reformas continuará a ser significativa, mesmo com a implantação de programas de redução de perdas (CARNEIRO *et al.*, 2000b).

As experiências da Europa, do Japão e dos Estados Unidos demonstram que o conhecimento existente apresenta base tecnológica suficiente para o desenvolvimento da reciclagem, de forma contínua, nas áreas urbanizadas onde existam gerações de entulhos e demanda por materiais de construção.

No Brasil, algumas Prefeituras, têm implantado usinas de reciclagem de entulho, buscando alternativas para gestão desses resíduos. Existem exemplos de sucesso, como o da cidade de Belo Horizonte - MG, que desenvolve um programa de reciclagem de entulho, incluindo a instalação de quatro usinas de reciclagem.

Além disso, Ribeirão Preto, São José dos Campos, Londrina, São Paulo, entre outras cidades, também implantaram usinas de reciclagem de entulho (CARNEIRO *et al.*, 2000b).

Devidamente reciclado o entulho apresenta propriedades físicas e químicas apropriadas para o seu emprego como material de construção. No entanto, é importante ressaltar que o entulho apresenta características bastante peculiares. Existe uma grande diversidade de matérias-primas, técnicas e metodologias, empregadas na construção civil, que afetam, de modo significativo, as características dos resíduos gerados, principalmente quanto à composição e à quantidade. Portanto, o nível de desenvolvimento da construção local reflete-se nas características dos materiais constituintes do entulho, ou seja, a caracterização desse resíduo está condicionada a parâmetros da região de origem (CARNEIRO, 2000a).

2.8 CARACTERÍSTICAS DO ENTULHO

A maior parte do entulho é proveniente de obras e demolições, além de desastres naturais e tecnológicos, como incêndios, falhas estruturais, terremotos, furacões, guerras, entre outros. Contudo, os resíduos gerados na produção dos materiais de construção, como, por exemplo, cacos de blocos cerâmicos nas olarias, pó de pedra da britagem de agregados, entre outros, não são considerados como entulho e sim como resíduos industriais de setores específicos (CARNEIRO *et al.*, 2000b).

Os resíduos gerados nas atividades de construção e demolição, etapas claramente distintas do ciclo de vida de uma edificação são geralmente constituídos de materiais similares e, portanto, igualmente chamados de entulho.

Nas atividades de construção, ou mesmo em reformas, o alto índice de perdas e a ausência de procedimentos de reutilização e reciclagem são as principais causas da geração do entulho. Entretanto, nem toda a perda se transforma, efetivamente, em resíduo - uma parte fica incorporada na própria obra. A quantidade de entulho gerado corresponde, em média, a 50% do material desperdiçado (PINTO,

1995 apud ZORDAN, 1997). A tabela 6, na seqüência, apresenta índices médios de perdas de materiais de construção.

MATERIAIS (%)	PESQUISADORES		
	SOUZA ⁹	PINTO ¹⁰	SOILBELMAN ¹¹
Areia	44	39	44
Cimento	56	33	83
Cal	36	102	-
Concreto	9	1	13
Aço	11	26	19
Blocos e Tijolos	13	13	52

Tabela 6 – Índice de perdas de alguns materiais na indústria da construção.

As demolições, na maioria dos casos, também se apresentam como uma grande fonte geradora desse resíduo, uma vez que, de um modo geral, vêm sendo realizadas com processos rudimentares. Num contexto em que a demolição rápida e a retirada dos escombros são os principais objetivos, gera-se uma grande quantidade de entulho, com os diversos tipos de materiais misturados, já que fatores como o tempo e as técnicas utilizadas não permitem a separação desses materiais (CARNEIRO *et al.*, 2000b).

Para reduzir a geração de resíduos de demolição, faz-se necessário à modificação dos métodos tradicionais e a adoção da demolição seletiva. Essa técnica consiste em separar; *in situ*, as diversas categorias de materiais à medida que o processo de demolição **ou desconstrução**, vai avançando, de forma a evitar a mistura de concretos, argamassas e outros materiais recicláveis com contaminantes como madeiras, papéis, plásticos e gesso, entre outros. Deve ser desenvolvido um planejamento detalhado do processo de demolição, uma vez que a demolição seletiva necessita de mais tempo que a tradicional. Assim, recomenda-se que os projetos de demolição sejam planejados e controlados em detalhes, como deveriam ser os projetos de construção (GRUPO ESPAÑOL DEL HORMIGON - GEHO, 1997).

Os resíduos de construção e demolição são gerados por diversos agentes, como empresas de construção, médios e pequenos prestadores de serviços, órgãos

⁹ SOUZA, 1998, citado por PINTO, 1999 (mediana de diversas obras – Brasil).

¹⁰ PINTO, 1989 (valores de uma obra – São Carlos).

¹¹ SOILBELMAN, 1993 citado por PINTO, 1999 (média de 5 obras – Porto Alegre).

públicos, autoconstrutores, entre outros. Ou seja, esses resíduos são produzidos tanto pelo pequeno gerador quanto pelas indústrias da construção civil (CARNEIRO, 2000a).

O entulho é um resíduo heterogêneo, basicamente composto por:

- a) concretos, argamassas e rochas que, em princípio, apresentam, na sua totalidade, bom potencial para reciclagem;
- b) blocos, tijolos e cerâmicas, que apresentam também alto potencial de utilização, sem necessitar de processo sofisticado de tratamento;
- c) solos, areia e argila, que podem ser facilmente separados dos outros materiais por peneiramento;
- d) asfalto, material com alto potencial de reciclagem em obras viárias;
- e) metais ferrosos, recicláveis pelo setor de metalurgia;
- f) madeiras, materiais apenas parcialmente reciclável, sendo que madeiras com proteção impermeabilizante ou pinturas devem ser consideradas como material poluente e tratadas como resíduos químicos perigosos, devido ao risco de contaminação (LAURIZTEN, 1994);
- g) outros materiais (plástico, borracha, papel, papelão, etc.) passíveis de reciclagem, embora esse processo nem sempre apresente vantagens que possam ser suportadas pelo atual estágio de desenvolvimento tecnológico; quando for o caso, esses materiais devem ser tratados como resíduos e dispostos de forma adequada.

O entulho, portanto, é apresentado sob forma sólida. Apesar da diversidade de dimensões e formas dos materiais que o constituem, aproximadamente 90% apresentam potencial de reciclagem (LAURIZTEN, 1994).

Embora, de forma geral, esses materiais sejam considerados pela NBR 10.004 como resíduos inertes, a sua composição química e o risco de contaminação ambiental estão relacionados diretamente com os materiais utilizados na obra que os originou. Portanto, apesar de a maioria das obras produzirem resíduos inertes, pode haver casos em que a matéria-prima utilizada altere a classificação do entulho. A reciclagem de concretos produzidos com escórias com alto teor de metais pesados, que antes estavam encapsuladas na matriz de cimento, por exemplo, pode gerar

agregados prejudiciais ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores e usuários (CASSA; VALOIS; CARNEIRO, 1998).

O resíduo de construção e demolição, ou simplesmente entulho, possui características bastante peculiares. Há uma gama muito grande de aspectos que interferem na quantidade, composição e características desse resíduo. Entre esses aspectos, destacam-se:

- a) o nível de desenvolvimento da indústria da construção local;
- b) qualidade e treinamento da mão de obra disponível;
- c) técnicas de construção e demolição empregadas;
- d) adoção de programas de qualidade e redução de perdas;
- e) adoção de processos de reciclagem e reutilização no canteiro;
- f) os tipos de materiais predominantes e/ou disponíveis na região;
- g) o desenvolvimento de obras especiais na região (metrô, esgotamento sanitário, restauração de centros históricos, entre outros);
- h) o desenvolvimento econômico da região;
- i) a demanda por novas construções.

Assim, as características do entulho estão condicionadas a parâmetros específicos da região geradora do resíduo e à variação ao longo do tempo. Na construção de edifícios, nos países desenvolvidos, por exemplo, geram-se altos percentuais de papel e plástico, provenientes das embalagens dos materiais. No mesmo tipo de obra, nos países em desenvolvimento, gera-se grande quantidade de resíduos de concreto, argamassa, blocos, entre outros, devido às altas perdas do processo.

Além dos fatores regionais, as diferenças observadas na composição do entulho podem ser atribuídas ao período de amostragem, à técnica de amostragem utilizada e ao local de coleta da amostra (canteiro/aterro). Por fim, os tipos de obras predominantes também podem influenciar na composição do entulho, conforme é demonstrado na tabela 7, a seguir.

COMPONENTES PRESENTES	Trabalhos Rodoviários (%)	Escavações (%)	Sobras de Demolição (%)	Obras Diversas (%)	Sobras de Limpeza (%)
Concreto	48,0	6,1	54,3	17,5	18,4
Tijolos	-	0,3	6,3	12,0	5,0
Areia	4,6	9,6	1,4	3,3	1,7
Solo, poeira e lama	16,8	48,9	11,9	16,1	30,5
Rocha	7,0	32,5	11,4	23,1	23,9
Asfalto	23,5	-	1,6	-	0,1
Metais	-	0,5	3,4	6,1	4,4
Madeira de Construção	0,1	1,1	7,2	18,3	10,5
Papel e matéria orgânica	-	1,0	1,6	2,7	3,5
Outros	-	-	0,9	0,9	2,0

Tabela 7: Índice de perdas de alguns materiais na indústria da construção.

2.9 CARACTERÍSTICAS DO AGREGADO RECICLADO

Materiais nobres podem ser facilmente reciclados, como as parcelas de concreto, argamassa, solo, areia, cerâmicas e rochas, que representam a maioria dos componentes do entulho.

Os materiais resultantes do processo de reciclagem dos resíduos de construção e de demolição são denominados por diversos autores e pela *Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions* - RILEM de **agregados reciclados** (RILEM, 1994; BARRA, 1996; COLLINS, 1996; GEHO, 1997; HENDRIX, 1998; PERA, 1996). Tal denominação é adequada para o novo material produzido, uma vez que esse não é mais considerado um subproduto (entulho), e sim um agregado reciclado, a ser utilizado no mesmo processo em que foi gerado, ou seja, na construção civil.

De uma forma geral, os agregados obtidos na reciclagem do entulho são mais porosos que os naturais, o que implica uma absorção de água mais elevada. Por outro lado, os resíduos de construção reciclados apresentam componentes com algumas propriedades relevantes para o desempenho de materiais de construção. Segundo Pinto (1998), entre esses componentes, destacam-se as partículas de cimento não-inertizadas, que ainda irão reagir; partículas de cal, que estarão disponíveis para novas reações, partículas já cristalizadas, que funcionarão como iniciador da cristalização (acelerando a formação da nova rede cristalina), e

partículas finas de material cerâmico, com significativo potencial pozolânico, que irão reagir com a cal hidratada.

O agregado reciclado é uma mistura de agregado graúdo e miúdo, gerado pela operação de britagem, em geral com britador de mandíbulas. A porcentagem de cada agregado depende basicamente da granulometria e da composição do entulho, bem como do diâmetro máximo do agregado graúdo reciclado, produzido pelo equipamento de cominuição. A granulometria desejada pode ser obtida mediante pequenos ajustes na abertura do britador.

O coeficiente de forma do agregado reciclado graúdo é similar ao de um agregado graúdo obtido na britagem de uma rocha calcária. Em geral, o agregado reciclado apresenta uma forma mais irregular e uma textura superficial mais áspera e porosa. Segundo GEHO (1997), a fração grossa possui uma distribuição granulométrica adequada para quase todas as aplicações de agregados em construções. Contudo, deve-se tomar algumas precauções com relação à utilização da fração < 2 mm do agregado reciclado, buscando evitar problemas relacionados com absorção de água, forma e textura superficial. A utilização desse material pode influenciar em algumas propriedades como o consumo de água e a resistência mecânica.

Para GEHO (1997), a presença, no entulho, de algumas substâncias consideradas impurezas ou contaminantes pode prejudicar o desempenho dos materiais produzidos com o agregado reciclado. Por exemplo:

- a) as argilas e solos em geral;
- b) o betume e os polímeros procedentes das selagens impermeabilizantes das juntas;
- c) os *fillers*¹² expansivos, também procedentes de juntas;
- d) o gesso;
- e) a cerâmica refratária;
- f) os cloretos;
- g) matéria orgânica;

¹² Parte mais fina do concreto.

- h) metais;
- i) vidros;
- j) agregados leves;
- k) partículas de concretos danificadas em incêndios;
- l) diversas substâncias reativas;
- m) concreto de cimento aluminoso é contaminante. Em determinadas quantidades, pode comprometer o desempenho de um concreto estrutural produzido com agregado reciclado.

Vale ressaltar que uma determinada substância pode ser considerada como impureza ou contaminante para uma dada aplicação do agregado reciclado e como material inerte para outra aplicação. GEHO (1997) indica que, por exemplo:

- a) agregados reciclados que contenham partículas de gesso podem ser utilizados para execução de camadas de pavimentos;
- b) teores de cerca de 6% desse material podem provocar redução de aproximadamente 15% na resistência do concreto. A presença de gesso em materiais produzidos com Cimento Portland pode provocar fenômenos expansivos.

Assim, a aplicação do agregado reciclado está condicionada à sua composição, sendo necessária à caracterização sistemática dos agregados produzidos, buscando evitar a sua utilização em aplicações que possam comprometer o desempenho do material e prejudicar a aceitação da sociedade ou do meio técnico do uso do agregado reciclado.

2.10 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DO AGREGADO RECICLADO

As características do agregado reciclado estão diretamente relacionadas com o seu processo de produção. De modo geral, o processo de reciclagem dos resíduos de construção é constituído das etapas de limpeza e seleção prévia, homogeneização, trituração, extração de materiais metálicos, eliminação de contaminantes e estocagem para expedição (GEHO, 1997; PINTO, 1998).

Ainda, segundo essas publicações, na reciclagem de entulho, são utilizados equipamentos diversos tais como, pá carregadeira, alimentador vibratório, britador, eletroímã para separação das ferragens, peneiras, mecanismos transportadores e, eventualmente, sistemas para eliminação de contaminantes. Esses equipamentos devem permitir que o processamento ocorra com minimização da geração de ruídos e materiais particulados. Além disso, deve-se dispor de uma área suficientemente grande para armazenar os diversos tipos de entulho recebido e os vários tipos de agregados produzidos.

Existe bibliografia detalhada sobre a adequação dos equipamentos e projetos para cada tipo de processo. De forma genérica pode-se considerar que os processos de reciclagem têm equipamentos similares aos utilizados na produção de agregados naturais. Contudo, os sistemas de reciclagem de entulho podem ser classificados em função dos critérios e do rigor usados na eliminação dos contaminantes, conforme apresentado a seguir (GEHO, 1997):

- a) plantas de Primeira Geração - necessitam de elementos que possam eliminar metais;
- b) plantas de Segunda Geração - similares às de primeira geração, mas contendo sistemas preliminares (mecânicos ou manuais) de eliminação de contaminantes, como a limpeza e classificação do material, por via seca ou úmida;
- c) plantas de Terceira Geração - visam à remoção praticamente integral de todos materiais secundários, considerados como contaminantes dos agregados reciclados.

A seleção dos equipamentos e a operação do sistema de reciclagem dependem das características iniciais do entulho e do seu grau de processamento, determinado pela aplicação específica do agregado reciclado. Por exemplo, se o material reciclado for utilizado na fabricação de concreto estrutural, o processo de reciclagem deverá ser mais rigoroso, para permitir a produção de um agregado com menor quantidade de contaminantes que o material produzido para ser utilizado em camadas de pavimentos (para as quais podem ser aceitos maiores teores de materiais cerâmicos polidos, solos, entre outros materiais, inadequados para

concreto estrutural).

Um dos principais condicionantes do processo de reciclagem é a necessidade de gerar produtos homogêneos e de características adequadas, a partir de resíduos heterogêneos e de origem bastante diversificada.

A maioria das plantas de reciclagem utilizadas no Brasil é a de primeira geração. O processo utilizado nesse tipo de planta é o mais simples de todos. A eliminação de contaminantes em plantas de segunda e terceira geração, por sua vez, encarece o processo e pode tornar inviável a reciclagem. Uma alternativa para as aplicações que necessitem agregados reciclados com desempenho superior é buscar processos de gestão do resíduo pelo gerador que permitam a separação preliminar dos contaminantes no canteiro, durante o processo construtivo. A reciclagem de entulho é bastante favorecida quando não há mistura significativa dos materiais. A separação prévia de elementos como vidro, madeira, metais, plásticos, papelão é recomendável, uma vez que existem processos específicos relativamente simples, alguns inclusive já consolidados para reciclagem desses materiais.

Quando o entulho é composto de diversos materiais misturados, devem-se adotar alguns procedimentos para recebimento e reciclagem do material:

- a) não receber entulhos que apresente quantidade visivelmente significativa de contaminantes (podas, papel, papelão, madeira, matéria orgânica, plásticos, solos, metais, entre outros); buscar a homogeneização do entulho;
- b) identificar aplicações que aceitem a presença dos contaminantes e variações nas características do agregado reciclado;
- c) analisar periodicamente as características do agregado reciclado.

Além da classificação por geração, as unidades de reciclagem podem ser divididas em instalações fixas e plantas móveis (GEHO, 1997). As instalações fixas permitem um maior controle de seu impacto ambiental e são preferíveis em relação às pequenas e móveis. A geração de ruídos e a distância dos centros urbanos são fatores que deverão se levar em conta na seleção da localização das plantas. As plantas móveis, por sua vez, são utilizadas, preferencialmente, em zonas onde a quantidade de material a reciclar; ainda, que constante, não alcancem grandes

montantes. A emissão de pó e a geração de ruído também devem ser controladas.

A usina de reciclagem tanto fixa, quanto móvel, constitui o espaço mais adequado à destinação do entulho e à produção de agregados reciclados para confecção de materiais de constituição. A primeira usina de reciclagem implantada em Salvador pela Empresa de Limpeza Urbana de Salvador, BA -LIMPURB é uma planta fixa de primeira geração, com capacidade de processar 200 toneladas a cada 8 horas de operação.

2.11 RECICLAGEM DE ENTULHO E A ECONOMIA

Na economia de mercado, a reciclagem de entulho será atrativa quando o produto reciclado apresentar qualidade e preço competitivo em relação aos materiais naturais. Essa situação ocorre em regiões próximas aos centros urbanos, onde as reservas de matérias-primas estão se esgotando, ou os custos de disposição em aterros são elevados (CARNEIRO *et al.*, 2000b).

Com a reciclagem do entulho, pode-se fazer economia dos custos de transporte de matérias-primas para longas distâncias, além dos custos de deposição final em aterros e transporte do entulho. Em vista disso, destacam-se projetos com grande geração de resíduos, como renovação de centros urbanos, recuperação de vias e rodovias, reconstrução após desastres naturais ou tecnológicos, etc. Os custos relativos ao transporte do entulho ao aterro e ao fornecimento de matérias-primas podem tornar a reciclagem economicamente viável. Além disso, os eventuais custos com remediação de impactos ambientais e disposição no aterro podem aumentar ainda mais as vantagens econômicas da reciclagem.

Para utilizar resíduos como matéria-prima, em substituição aos materiais tradicionais, é necessário que esse insumo alternativo apresente padrões de desempenho compatíveis com a sua utilização. O material reciclado (uma vez que atenda aos critérios de desempenho) será mais consumido caso o seu preço seja menor que o do agregado natural. Nos casos em que o material reciclado e o natural têm o mesmo custo, o diferencial será a qualidade ou a confiabilidade do produto e a utilização de instrumentos de *marketing*, como selos verdes, de forma a garantir que

o produto seja ambientalmente correto (CARNEIRO *et al.*, 2000b).

A reciclagem também pode ser incentivada através de instrumentos legais que promovam o interesse econômico do uso do material reciclado. O governo da Dinamarca, por exemplo, elevou a taxa de deposição de material potencialmente reciclável em aterros controlados, tornando a reciclagem economicamente viável (LAURITZEN, 1994).

É fundamental difundir usos adequados para os produtos reciclados, além de identificar e fomentar obras públicas e privadas nas quais eles possam ser introduzidos como alternativa viável, em substituição aos materiais convencionais.

Diversos estudos indicam que a reciclagem de entulho pode gerar agregados com custo inferior ao custo médio dos agregados convencionais. Além disso, a utilização de agregado reciclado permite produzir componentes de construção que, dependendo da sofisticação tecnológica, terão custos significativamente inferiores ao preço de componentes disponíveis no mercado. Em Belo Horizonte, por exemplo, verificou-se uma economia de 22% na execução da pavimentação asfáltica, e é estimada uma economia de 50% na produção de blocos de vedação (PINTO, 1997).

2.12 USO DO AGREGADO RECICLADO EM TIJOLOS DE SOLO ESTABILIZADO COM CIMENTO

No Brasil, o atendimento às necessidades mínimas de habitação para as camadas de mais baixa renda ainda não foi equacionado. A enorme demanda por moradias, no País, exige a construção de aproximadamente 6 milhões de unidades, sendo a maioria destinada a famílias com renda mensal inferior a cinco salários-mínimos (WATANABE, 2000). Apesar do esforço do Governo, a demanda por moradias populares continua crescendo, com velocidade superior à capacidade de produção de novas unidades.

Alguns fatos incontestáveis, relativos à estruturação da política habitacional, são apontados por MAFFEI (1992):

- a) cidades com mais de 5 milhões de habitantes apresentam graves problemas de ordem econômica, administrativa e humana;

- b) a propriedade privada da terra urbana é fonte permanente de especulação imobiliária;
- c) poucos são os planos de construção em massa de moradias populares sem um forte subsídio do Estado;
- d) cada indivíduo necessita de, no mínimo, 10 m² como espaço interno útil para habitar.

A questão da habitação popular; no Brasil, exige soluções compatíveis com a situação socioeconômica. Essas podem ser efetivadas pelo emprego de tecnologias alternativas, que utilizem matérias-primas naturais, renováveis ou não, e também resíduos sólidos industriais e urbanos, abundantes na região (CALMON *et al.*, 1998).

Programas para produção de habitações destinadas às populações de menor poder aquisitivo são realizados na maioria dos países em desenvolvimento, notadamente nos do continente Africano e na América Latina. Esses programas, adotam alternativas tecnológicas, geralmente, de menor custo, bem como regimes de autoconstrução ou de ajuda mútua, e são efetivados por iniciativas governamentais associadas ou não à participação de entidades comunitárias.

Na década de 70, particularmente na sua segunda metade, começaram a ser realizadas, no Brasil, diversas pesquisas e experiências, na tentativa de viabilizar; do ponto de vista técnico e econômico, a implantação de alternativas tecnológicas de menor custo para produção de moradias populares (CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO - CEPED, 1984; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT, 1985; NEVES, 1989).

Dentre essas tecnologias, a produção de habitações populares de tijolos de solo estabilizado foi uma das alternativas mais freqüentemente adotadas, devido à facilidade de fabricação desse componente e de execução da alvenaria, notadamente por seu baixo custo (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO, 1985). Deve-se ressaltar que os custos de fundações, paredes e piso da habitação popular chegam a alcançar 50% do custo da edificação (NEVES, 1988).

Outra vantagem do tijolo de solo estabilizado é a possibilidade de incorporar outros materiais na sua fabricação, de modo a aproveitar recursos abundantes na região, como, por exemplo, na área urbana, o agregado produzido com entulho

reciclado, e que também podem contribuir para a melhoria das características do produto.

O entulho; constituído de fragmentos ou restos de tijolos, concretos, argamassas, madeiras e outros materiais usados na execução de obras de construção, é classificado como material inerte segundo a NBR 10.004, pois não apresenta risco de contaminação para a saúde pública e para o meio ambiente, desde que sua destinação seja adequada. Devidamente reciclado, o produto resultante apresenta propriedades físicas e químicas apropriadas para seu emprego como material de construção de edificações (PINTO, 1997). Vale ressaltar; no entanto, que o entulho apresenta características variáveis, que dependem do tipo de obra, das técnicas construtivas, da fase em que se encontra a obra, das características socioeconômicas da região, entre outros fatores.

O aproveitamento do entulho pelo setor que o gerou, a construção civil, facilita sua reciclagem, contribui para minimizar os efeitos prejudiciais dos descartes irregulares em cursos d'água ou vias públicas e do esgotamento das áreas destinadas à sua deposição (PINTO, 1997).

O agregado reciclado pode ser utilizado para produzir materiais de construção mais baratos e de qualidade. De acordo com o conteúdo apresentado anteriormente, as aplicações mais indicadas para o agregado reciclado incluem os materiais para base e sub-base de pavimentos, aterros, agregados para concreto e argamassa, além de matéria-prima para produção de tijolos e blocos.

O uso do agregado reciclado em tijolos de solo estabilizado com cimento é também uma das soluções em que o entulho é aproveitado pelo próprio setor que o produz e contribui tanto para minimizar impactos ambientais como para reduzir o custo da alvenaria. Contudo, para utilização como matéria-prima em substituição à tradicional, é necessário que os resíduos apresentem desempenho compatível com a sua aplicação.

2.13 USO DO SOLO COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Para NEVES (1993), o uso do solo como material de construção pode ser

distinguido em dois níveis:

- a) por um lado, pela utilização em sistemas construtivos mais simples e de menor custo, gerado pela carência em que vivem algumas populações;
- b) por outro lado, pelo uso de técnicas inovadoras, incentivadas pelas investigações nas universidades e instituições de pesquisas e caracterizadas pela simplicidade, eficácia e baixo custo.

Segundo o Manual de Construção de Solo-Cimento (CEPED, 1984), o solo pode ser utilizado, basicamente, de dois modos:

- a) embebido em água, constituindo uma massa de consistência plástica ou **argamassa de solo**;
- b) constituindo uma mistura úmida, compactada ou prensada, de solo e água.

O solo embebido em água possui porosidade elevada, devido à evaporação da água adicionada na preparação da massa. Além disso, o mecanismo de evaporação pode provocar tensões capilares de retração no material, resultando em trincas que aceleram sua deterioração.

Quando o solo é compactado ou prensado, sua umidade é muito inferior à empregada para a massa plástica. Essa umidade, chamada umidade ótima, varia para cada tipo de solo e caracteriza as condições em que se pode obter melhor compactação (maior massa específica). No solo compactado, devido à menor umidade, são menores a porosidade e os efeitos de retração, o que o caracteriza como um material mais durável e de maior resistência mecânica.

Ainda conforme o CEPED (1984), em ambos os casos de utilização do solo, as propriedades mecânicas e de permeabilidade podem ser melhoradas significativamente pela adição de pequenas porcentagens de produtos estabilizadores. Desse modo, a mistura de pedaços de palha ou fibras reduz acentuadamente o efeito de retração por secagem da massa plástica. A adição de óleos vegetais ou animais e emulsões asfálticas, tanto na massa plástica como no solo compactado, tem o efeito de aumentar significativamente a sua impermeabilidade, melhorando as condições de durabilidade. A mistura de cimento e/ou cal pode produzir aumentos consideráveis da resistência mecânica.

As reações que envolvem as mudanças de propriedades dos solos por adição de cimento e/ou cal ainda não são plenamente conhecidas. Sabe-se que, na fração arenosa do solo, a ação de cimentação é a mesma que se processa nos concretos, desenvolvendo vínculos de coesão nos pontos de contato com os grãos. Nos solos argilosos, há também reações entre a superfície dos grãos de argila e a cal liberada na hidratação do cimento. Os principais fatores que irão intervir nas características finais do solo estabilizado correspondem ao teor de aglomerante, à natureza do solo e à compactação da mistura.

Quando o solo não apresenta propriedades adequadas para seu uso na construção, pode-se melhorar suas características com a adição de outro solo ou material, como, por exemplo, o agregado produzido a partir de entulho. Por suas características de material inerte, o agregado reciclado pode contribuir significativamente na correção granulométrica do solo.

2.14 TIJOLOS E BLOCOS DE SOLO ESTABILIZADO

Os tijolos e blocos de solo estabilizado são produzidos com o material obtido pela mistura de solo, aglomerante (cimento ou cal) e água, que, depois de compactada ou prensada em moldes específicos, ganha resistência e durabilidade suficientes para diversas aplicações, especialmente para a execução de alvenarias.

Os tijolos de solo estabilizado podem ser usados em qualquer tipo de construção, para substituir os blocos cerâmicos convencionais, seja em alvenaria simples de vedação, ou alvenaria estrutural, desde que atendam às resistências estabelecidas no projeto (CARVALHO; POROCA, 1995). As paredes tanto podem ser aparentes como revestidas, podendo receber diversos tipos de pintura ou revestimento cerâmico.

O sistema construtivo da parede é semelhante ao da alvenaria convencional, sendo necessário apenas identificar as argamassas de assentamento e revestimento mais adequadas às características do componente. Segundo CARVALHO e POROCA (1995), as paredes construídas com tijolos de solo estabilizado apresentam comportamento térmico e durabilidade equivalente às construídas com

blocos cerâmicos. Os critérios de projeto devem ser iguais àqueles aplicados ao material tradicional, com os cuidados e serviços de manutenção semelhantes aos de alvenaria convencional.

O processo de fabricação de tijolos e blocos de solo estabilizado é bastante simples e adequado aos sistemas de produção automatizada. Utiliza-se um dispositivo mecânico com sistema de alavanca para prensagem. O princípio fundamental desse equipamento consiste em submeter a mistura de solo, cimento e água a pressões elevadas dentro de moldes metálicos, o que resulta em tijolos com formas e dimensões desejadas.

Após pequeno período de cura, o tijolo fabricado apresenta resistência à compressão similar à de bloco cerâmico, sendo sua resistência tanto mais elevada quanto maior for a quantidade de aglomerante empregada. No entanto, esse consumo deve ser limitado a um teor ideal, que confira ao tijolo a resistência necessária com o menor custo.

Entre as vantagens que apresentam os tijolos de solo estabilizado, pode-se destacar (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP, 1988):

- a) utilização de solo do próprio local, reduzindo ou eliminando o custo do transporte;
- b) manutenção da regularidade de suas formas com faces bastante lisas e planas, implicando menor consumo da argamassa de assentamento e revestimento;
- c) dispensa do revestimento do tijolo, quando a parede estiver devidamente protegida da ação direta da água;
- d) redução do consumo de energia e, conseqüentemente, de danos ambientais, por não ser necessário o cozimento do tijolo.

CARVALHO e POROCA (1995) ressaltam, também, que o processo de moldagem em prensa permite, além da regularidade dimensional, obter encaixes que podem reduzir o consumo de argamassa de assentamento e proporcionar sistemas construtivos mais simples.

2.15 FABRICAÇÃO DE TIJOLOS E BLOCOS DE SOLO ESTABILIZADO

O processo de fabricação do componente da alvenaria-tijolo e blocos de solo estabilizado - corresponde, basicamente:

- a) preparação do solo,
 - consiste em destorroar e peneirar, se necessário, o solo seco. A secagem deve ser feita ao ar livre. Recomenda-se usar peneira com abertura de malha da ordem de 5 mm;
- b) preparo da mistura,
 - adiciona-se o cimento ao solo preparado, na proporção previamente estabelecida. Misturam-se os materiais secos, até obter-se coloração uniforme; adiciona-se água aos poucos, até que a mistura atinja a umidade adequada para sua prensagem;
- c) moldagem de tijolos e blocos,
 - coloca-se a mistura no equipamento e procede-se à prensagem e à extração do tijolo ou do bloco, transportando-o em bandeja e acomodando-o numa superfície plana e lisa, em área protegida do sol, do vento e da chuva;
- d) cura e armazenamento,
 - após 6 horas de moldados e durante os 7 primeiros dias, os componentes devem ser mantidos úmidos por meio de molhagens sucessivas; os tijolos ou blocos podem ser acomodados em pilhas de até 1,5 metro de altura.

A mistura de solos ou adição de outros materiais, como o agregado reciclado, por exemplo, deve ser feita na etapa de preparação do solo.

A mistura dos materiais pode ser manual (pá e enxada) ou mecânica, com equipamentos apropriados, em geral um misturador forçado de eixo vertical. Para solos muito arenosos, com teor de areia da ordem de 80%, pode-se utilizar a betoneira de eixo inclinado com relativo sucesso. A quantidade a ser preparada é determinada em função da capacidade de produção do equipamento de prensagem. No artigo Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais

(ABCP, 1988), encontra-se a recomendação de dimensionar o volume da mistura numa quantidade suficiente para a produção de tijolos ou blocos durante 1 hora de funcionamento da prensa.

A umidade de conformação dos componentes está diretamente relacionada com as características do solo ou da mistura utilizada. Essa umidade pode ser determinada em laboratório, através do ensaio de compactação, realizado de acordo com a NBR 7.182. No processo de fabricação, a umidade de conformação dos componentes pode ser verificada, com razoável precisão, da seguinte forma (ABCP, 1988):

- a) toma-se uma porção da mistura e aperta-se fortemente entre os dedos e a palma da mão; ao abrir a mão, o **bolo** deve ter a marca deixada pelos dedos; se isso não ocorrer; a mistura está muito seca;
- b) deixa-se o **bolo** cair de uma altura aproximada de um metro, sobre uma superfície dura, de modo que deverá esfarelar-se ao chocar-se com a superfície; se isso não ocorrer; a mistura está muito úmida.

Os tijolos e blocos de solo-cimento devem ser utilizados dentro de, no mínimo, 14 dias após a sua fabricação (NBR 10.832; NBR 10.833).

2.16 EQUIPAMENTOS DE FABRICAÇÃO DE TIJOLOS E BLOCOS

Os tijolos e blocos de solo estabilizado são moldados por prensagem, em equipamentos com moldes, cujo formato possibilite produzir componentes de formas e dimensões variadas. A maquinaria disponível para sua fabricação é diversa e pode atender às necessidades de produção para edificações de diferentes portes. Podem ser utilizados desde um simples equipamento de prensagem até complexas unidades de produção industrial - que englobam pulverizador de solo, peneirador; misturador; dosador; prensa e outros acessórios. O dimensionamento da maquinaria está relacionado com a dimensão, produtividade e custo do empreendimento.

As prensas podem ser operadas manualmente ou com auxílio de motor; que aciona um mecanismo, mecânico ou hidráulico, de prensagem. FERRAZ JUNIOR

(1995) apresenta um interessante estudo sobre as prensas disponíveis no mercado, ressaltando suas principais características. A tabela 8 apresenta a produtividade e energia de compactação das prensas estudadas.

As prensas manuais geralmente requerem baixo capital para sua aquisição e manutenção, além de serem leves, pequenas, fáceis de usar e sem obviamente os custos inerentes ao consumo de energia. A baixa taxa de compactação, principalmente da prensa manual mecânica, exige cuidados especiais na seleção e no preparo do solo, para que os tijolos produzidos apresentem resistência à compressão especificada pela norma.

TIPO DE PRENSA		Energia de Compactação (Mpa)	Taxa de Compactação do Solo	Produção (tijolos/dia)
Manual	Mecânica	1,5 - 2,0	1,38	300 a 1.200
	Hidráulica	2,0 - 10,0	1,65	2.000 a 2.800
Motorizada	Mecânica	4,0 - 24,0	>1,65	1.600 a 12.000
	Hidráulica	>20,0	>2,00	-

Tabela 8 – Produtividade das prensas para componentes de solo estabilizado.

FERRAZ JUNIOR (1995) ressalta que a taxa de produção real das prensas manuais pode se diferenciar da taxa de produção nominal fornecida pelos fabricantes, devido ao esforço necessário para sua operação, ao longo de um turno completo de trabalho. Um sistema eficiente de rodízio, na equipe de trabalho, pode evitar a queda gradual de produtividade e, eventuais prejuízos na qualidade do componente produzido.

A instalação de pistão hidráulico na prensa aumenta significativamente sua energia de compactação e diminui o esforço físico para operá-la. Permite ainda, obter componentes com melhor uniformidade dimensional; muito mais compactos e com maior resistência mecânica.

Nas prensas motorizadas, também denominadas automáticas, a produtividade pode ser aumentada pelo acoplamento de um sistema rotatório com moldes múltiplos, ao invés de uma plataforma fixa com moldes individuais (FERRAZ JUNIOR, 1995).

Alguns modelos possuem um dispositivo acoplado à prensa, que realiza testes de resistência à compressão, para o controle de qualidade dos tijolos produzidos.

Outro interessante estudo sobre equipamentos para produção desses tijolos e blocos foi realizado durante o desenvolvimento do **tijolito**, bloco intertravado de solo-cimento, pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e a Construtora Andrade Gutierrez S. A., visando à fabricação de blocos com detalhes especiais, de modo a permitir a eliminação da argamassa de assentamento (ASSIS, 1995). Foram projetadas e construídas prensas manuais, pneumáticas e hidráulicas, para produção simultânea de um a três componentes, com seção de 10 cm x 20 cm e com carga de prensagem variando de 75 kN¹³ até 600 kN, o que equivale a uma energia de compactação que varia de 1,5 MPa¹⁴ a 30 MPa.

Estudando a eficiência (definida como relação entre a produção do equipamento e seu custo), ASSIS (1995) demonstra que as prensas manuais são de menor eficiência, seguida das pneumáticas, sendo de maior eficiência as hidráulicas. Os equipamentos pneumáticos apresentaram desvantagens em relação aos hidráulicos, devido à elevada perda de energia e a limitações na carga de prensagem. Outra observação importante de ASSIS (1995) refere-se ao baixo custo da prensa em relação ao total do investimento, principalmente para um sistema industrializado, com uso de equipamentos para o preparo da mistura, cura e controle de qualidade.

As prensas que possuem pistão compactador em apenas um sentido devem ser utilizadas basicamente para a produção de tijolos com altura máxima da ordem de 8 cm. Acima desse valor e até a altura de 20 cm, são necessários prensas com duplo sentido de compactação (ABCP, 1989). Essa limitação não se deve à energia de compactação do equipamento, mas à propriedade de compactação do solo.

A escolha do equipamento de prensagem deve ser apropriada ao empreendimento e deve considerar; entre outros aspectos, a produção desejada e o grau de automatização possível em relação ao investimento.

Programas habitacionais realizados (NEVES, 1989) comprovam que a técnica da produção de tijolos que utiliza sistemas manuais ou automatizados é muito simples e de fácil assimilação pelos operadores, tanto em regime de mutirão como

¹³ Kilo Newton.

¹⁴ Mega Pascal.

por administração direta.

2.17 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE SOLO E DOSAGEM DE TRAÇO

O solo é o elemento que entra em maior proporção na mistura, devendo ser selecionado de modo a permitir o uso da menor quantidade possível de estabilizante. Segundo a NBR 10.832 e a NBR 10.833, os solos adequados para a fabricação de tijolos e blocos de solo-cimento são os que possuem as características apresentadas na tabela 9, a seguir.

CARACTERÍSTICA	REQUISITOS (%)
% passando na peneira ABNT 4,8 mm (n ^o .4)	100
% passando na peneira ABNT 0,075 mm (n ^o .200)	10 a 50
Limite de liquidez	< 45
Limite de plasticidade	< 18

Tabela 9 – Critérios para seleção de solos.

Os limites de consistência (liquidez e plasticidade) são as variáveis que melhor expressam as condições de trabalhabilidade do solo. O aumento dos valores desses limites gera maior dificuldade no destorroamento, mistura e secagem (CEPED, 1984).

Quanto a granulometria, os solos mais adequados para estabilização com cimento são os arenosos. Embora existam solos sem uma distribuição granulométrica que permita a produção de tijolos, existe a possibilidade de misturá-los a outros solos para obtenção de uma mistura de granulometria adequada (ABCP, 1988).

O Manual de Construção de Solo-Cimento (CEPED, 1984) comenta que o consumo de cimento depende fundamentalmente do tamanho dos grãos e da sua uniformidade. O acréscimo de silte e de argila, ou a ocorrência de grãos muito uniformes, acarreta um aumento no consumo de cimento. Por outro lado, a existência de grãos maiores, areia grossa e pedregulho é benéfica, pois tais componentes atuam como enchimento, favorecendo a liberação de uma maior quantidade de cimento para ligar os grãos menores.

Ainda segundo o CEPED (1984), os solos devem ter um teor mínimo da

fração fina, pois a resistência inicial do solo estabilizado é devida à coesão da fração fina compactada, uma vez que ainda não se processaram as reações de endurecimento do cimento. Essa resistência permite desmoldagem e manuseio do solo estabilizado após prensagem. Além disso, não devem ser utilizados solos que contenham matéria orgânica, pois essa pode interferir na hidratação do cimento.

No texto Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais (ABCP, 1988), tem-se a recomendação para a escolha do traço mais adequado, moldar tijolos com proporções, em volume, de cimento e solo de 1:10, 1:12 e 1:14. A proporção adotada da mistura para a fabricação dos tijolos será a que apresentar menor consumo de cimento e que atender aos critérios de resistência à compressão e absorção de água estabelecida pela NBR 8.491.

2.18 REQUISITOS PARA CONTROLE DE QUALIDADE

Deve-se assegurar que os tijolos e blocos de solo estabilizado apresentem características adequadas para seu uso em fundações e paredes de edificações. Nesse sentido, além das diversas recomendações resultantes de projetos de pesquisas desenvolvidos, apresentadas em publicações variadas, estão disponíveis documentos que estabelecem requisitos para avaliação dos componentes produzidos. Buscando estabelecer procedimentos de ensaios e critérios para produção de tijolos e blocos de solo-cimento, a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, publicou as seguintes normas técnicas:

- a) NBR 8.491: Tijolo maciço de solo-cimento. Especificação;
- b) NBR 8.492: Tijolo maciço de solo-cimento. Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio;
- c) NBR 10.832: Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Procedimento;
- d) NBR 10.833: Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com a utilização de prensa hidráulica. Procedimento;
- e) NBR 10.834: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Especificação;

- f) NBR 10.835: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Forma e dimensões. Padronização;
- g) NBR 10.836: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio.

Para qualificar o tijolo de solo-cimento, a NBR 8.491 estabelece a verificação das suas características em pelo menos treze amostras, retiradas aleatoriamente em lotes de 10.000 a 25.000 tijolos.

Esses limites, especificados para o tijolo de solo-cimento, geralmente são adotados também para avaliação de tijolos de solo estabilizado, independentemente do tipo de aglomerante ou material utilizado em substituição ao solo.

2.19 USO DO AGREGADO RECICLADO EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO: UMA QUESTÃO DE RESPONSABILIDADE

As grandes cidades apresentam, atualmente, processos de urbanização cada vez mais acelerados, que se caracterizam por não obedecerem a um plano de desenvolvimento adequado, gerando uma ocupação desordenada. Esses processos atingem bastante a população de baixa renda, que, na maioria dos casos, constrói suas casas em áreas distantes do centro, ou em terrenos invadidos, à beira de encostas ou em áreas chamadas de risco. Feitas com diversos tipos de materiais ou em alvenaria de tijolos cerâmicos, quase sempre sem revestimento, essas habitações, no seu conjunto, formam painéis de casas amontoadas e nuas.

O revestimento da habitação, além de contribuir para a harmonia estética, assume um importante papel na melhoria da qualidade de vida dessa população, pois promove a impermeabilização da alvenaria, dificultando a infiltração de água, a proliferação de ácaros e fungos, melhorando as condições respiratórias dos habitantes, bem como impedindo o alojamento, em frestas, de insetos causadores de doenças graves. Entretanto, para esse contingente da população, carente de recursos financeiros, a questão mais urgente não é a estética ou a possibilidade de

problemas futuros de saúde, e sim a alimentação e o abrigo imediato, mesmo que precário.

A utilização de agregados reciclados em argamassas de revestimento surge como alternativa para atender à enorme demanda por revestimentos, uma vez que esse material apresenta desempenho adequado, conforme vários trabalhos publicados sobre o tema (LEVY, 1997; PINTO, 1998; SILVA *et al.*, 1997). Além disso, o seu uso promove a diminuição de custos, ajuda a solucionar o problema de destinação do entulho e contribui para a melhoria das condições das habitações populares.

A reciclagem do entulho na confecção de argamassa tem a sua utilização mais freqüente em canteiro de obras. Nos últimos anos, diversas construtoras em atividade no país, passaram a utilizar argamassas produzidas com agregado reciclado, em substituição às adições e aos agregados convencionais (LEVY, 1997). Desse modo, materiais anteriormente considerados como perdas do processo construtivo (pedaços de blocos e tijolos cerâmicos, argamassas e concretos endurecidos, entre outro) passaram a ser reciclado.

As argamassas produzidas com agregado reciclado têm apresentado desempenho significativamente superior ao das argamassas convencionais. Contudo, a maioria dos estudos realizados sobre o tema avalia o desempenho do material reciclado no próprio canteiro de obras. Outras alternativas, tais como a utilização de agregados produzidos em usinas de reciclagem, permitem estender os benefícios da reciclagem a um número maior de usuários, tornando-os acessíveis à população de baixa renda.

Existem algumas diferenças entre os agregados reciclados no canteiro de obras ou em usina de reciclagem. A principal é que, dentro do canteiro, pode-se facilmente separar os materiais que serão reciclados. Por exemplo, durante a execução da obra, selecionam-se, para reciclagem, os restos de concreto (na fase de estrutura), os restos de blocos (na fase de levante) e os restos de argamassas (na fase de acabamento), o que possibilita a produção de agregado reciclado com composição mais homogênea. Já o entulho reciclado em usina origina-se de diversas obras da região e, como apresentado em seções anteriores, é constituído de diversos tipos de materiais, cuja separação agrega custos ao processo, podendo

tornar economicamente inviável a reciclagem. Portanto, deve-se buscar aplicações que possibilitem a utilização desse material de origem heterogênea e com características diferentes do reciclado em canteiro.

2.20 UTILIZAÇÃO DO AGREGADO RECICLADO EM ARGAMASSAS

O reaproveitamento de resíduos na construção civil é uma atividade que já vem sendo desenvolvida há algum tempo. Subprodutos de carvão e cinzas volantes têm sido utilizados, há aproximadamente cinco décadas, em concretos de cimento Portland (KEILY; WILLIANS, 1995 apud ZORDAN, 1997). Entretanto, a reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção começa a despertar interesse no Brasil apenas na década de 80, com os estudos iniciais de PINTO (1986).

Uma das formas de reciclagem desse resíduo destina-se à sua utilização em argamassas. A fração fina do material reciclado obtido da britagem ou moagem do entulho, a depender das suas características, pode ser utilizada nas argamassas, em substituição às adições ou aos agregados convencionais. A granulometria semelhante à da areia permite o seu uso como agregado para argamassas de assentamento e revestimento, as quais têm apresentado desempenho similar ou superior às convencionais, tanto em ensaios de laboratório quanto em aplicações de campo (PINTO, 1998).

LEVY (1997) realizou experimentos utilizando quatro tipos de materiais que compõem o entulho, processando-os em moinho de rolo. Foram, então, produzidos 8 diferentes tipos de argamassas com o material processado. A partir desses estudos, foi observado que a utilização de agregados reciclados permitiu uma redução de 30% no consumo de cimento da argamassa e um incremento nas propriedades mecânicas, em função do teor de materiais cerâmicos presentes no entulho. Os resultados desse trabalho demonstram que a utilização do agregado reciclado miúdo para a produção de argamassas apresenta vantagens, principalmente pela redução no consumo de cimento.

HAMASSAKI; SBRIGHI; FLORINDO (1996) avaliaram a influência do

agregado reciclado nas argamassas, partindo de um traço referência 1:6 (cimento: areia, em volume) com uso de cal. Esses estudos mostram um incremento na resistência à compressão das argamassas aos 28 dias, quando é usado o agregado reciclado. Não foi avaliada a influência do agregado reciclado na retenção de água, uma vez que a cal interfere significativamente nessa propriedade.

SILVA *et al.* (1997) estudaram quatro traços experimentais de argamassas com adição de agregado reciclado numa obra de Salvador. Essas argamassas apresentaram comportamento satisfatório no estado fresco e endurecido, evidenciando uma redução no consumo de cimento.

Recentemente, MIRANDA (2000) analisou parâmetros que podem prevenir a fissuração de revestimentos de argamassas que contêm agregado reciclado. Avaliou, para tal, fatores relativos ao tipo de entulho, sua proporção nas argamassas e o tipo de técnica construtiva utilizada para esses revestimentos. Nesse trabalho, foram estudados doze traços de argamassas com diferentes composições e proporções de entulho, feitas a partir da moagem de blocos cerâmicos, blocos de concreto e argamassa de cimento, cal e areia, em moinho tipo argamassadeira, e aplicados em painéis de alvenaria de blocos de concreto com chapisco.

Nas últimas décadas, as argamassas compostas com agregados reciclados têm sido utilizadas em diversas obras de vários países, dentre eles Israel, Argentina e Brasil. Em São Paulo, são encontradas obras concluídas nas décadas de 80 e 90, nas quais foram usados esses tipos de argamassas, sem apresentar manifestações patológicas (LEVY, 1997). Em Salvador; o melhor exemplo é o Edifício Mansão Bernardo Martins Catarino, obra de padrão luxo, construída em meados da década de 90, na qual se reciclou o entulho no canteiro, produzindo argamassas com agregado reciclado sem que, até o momento, se apresentem notícias de patologias.

O bom desempenho do agregado reciclado na aplicação em argamassas pode ser atribuído à presença de aglomerantes ainda não inertizados e de resíduos cerâmicos com características pozolânicas, bem como à maior porosidade de suas partículas, o que privilegia o início das reações químicas, incrementando as propriedades mecânicas das argamassas, devido ao efeito pozolânico normalmente apresentado pelo material reciclado (PINTO, 1998).

Dessa forma, podem ser definidas as proporções de materiais para

argamassas com agregado reciclado, as quais, além de apresentarem desempenho adequado, promovem sensível redução no preço do produto final. Essa redução pode ser obtida tanto pelo baixo custo do agregado como pela redução do consumo de cimento e cal (PINTO, 1998).

Para CARNEIRO *et al.* (2000), a utilização de agregado reciclado na produção de argamassas apresenta outras vantagens, dentre as quais pode-se citar:

- a) a diminuição dos impactos gerados pela disposição incorreta do entulho, como enchentes e assoreamento de rios e córregos;
- b) a preservação das reservas naturais, devido à substituição de matéria-prima convencional por material reciclado;
- c) além da otimização do uso de aterros, em função da conseqüente diminuição de resíduos descartados.

Apesar de a maior ênfase comercial voltar-se para a reciclagem dentro do canteiro de obras, devido à inexistência de custos com transporte do material reciclado, há grandes perspectivas para a reciclagem de entulho nas centrais de reciclagem. Essas centrais, além de processarem o entulho, podem produzir argamassas, blocos, concretos, entre outros materiais, com controle tecnológico adequado (PINTO, 1992).

Em vista disso, LIMA (1999a) apresentou diretrizes para a produção, normalização e uso do agregado reciclado em argamassas e concretos. Também foram apresentados, nesse trabalho, textos informativos dirigidos aos produtores e usuários de agregado reciclado, no intuito de auxiliá-los na correta utilização do material reciclado nesses tipos de aplicações, levando-se em consideração a segurança do usuário e a qualidade do produto.

O uso de agregado reciclado para a execução do revestimento, importante elemento construtivo de edificações, contribui para a maior aceitação do mercado consumidor do uso de materiais reciclados de qualidade e de bom desempenho, além de promover a conscientização sobre a necessidade da reciclagem do entulho.

2.21 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

Algumas características básicas devem ser atendidas pelas argamassas de revestimento de edificações, como resistência mecânica, durabilidade, baixa permeabilidade, pouca retração, isolamento térmico e acústico (no estado endurecido) e trabalhabilidade, plasticidade e retenção de água - no estado fresco. O completo entendimento do comportamento das argamassas requer a avaliação das condições de produção, de exposição do revestimento, da ação dos usuários e do modo como essas condições influem no seu desempenho (CNCOTTO; SILVA; CASCUDO, 1995).

O desempenho de um produto pode ser definido pelo grau de satisfação das necessidades do usuário. Para a execução de revestimentos com bom desempenho, é preciso compreender as funções e propriedades das argamassas que os constituem e dos substratos que lhes servem de base.

Segundo CINCOTTO; SILVA; CASCUDO (1995), para a análise do desempenho de uma argamassa de revestimento, deve-se avaliar o seu comportamento em três etapas distintas:

- a) durante o seu preparo e no período em que se encontra no estado fresco;
- b) no período após a aplicação sobre o substrato, quando a argamassa se encontra em endurecimento;
- c) no período de uso da edificação, quando o revestimento (argamassa endurecida) sofre os efeitos provenientes da ação dos usuários e das condições de exposição.

Dessa forma, as propriedades das argamassas são avaliadas tanto no estado fresco quanto no endurecido, sendo que, nesse último, o material é estudado tanto em corpos-de-prova quanto em painéis que simulam a forma de utilização da argamassa de revestimento. Algumas das principais propriedades das argamassas são descritas a seguir:

2.21.1 Propriedades da Argamassa no Estado Fresco

Conhecer o comportamento das argamassas no estado fresco é fundamental, uma vez que, boa parte das deficiências de qualidade que o revestimento apresenta, em seu estado endurecido, é resultado do comportamento inadequado da argamassa no estado fresco (GOMES, 2000). A seguir, são descritos os principais ensaios utilizados para avaliar o comportamento da argamassa no estado fresco.

2.21.2 Consistência

Essa propriedade é um indicador da trabalhabilidade, servindo de parâmetro para a determinação da quantidade de água necessária à mistura a fim de que a argamassa alcance uma trabalhabilidade desejável (ensaio descrito na NBR 13.276). A consistência pode ser alterada em função da relação água/aglomerante, da relação aglomerante/agregado, da relação agregado/adição e da natureza e qualidade do aglomerante ou da adição utilizada na argamassa (CINCOTTO; SILVA; CASCUDO, 1995).

2.21.3 Densidade de Massa e Teor de Ar Incorporado

A densidade de massa das argamassas (também chamada de massa específica real) e o teor de ar incorporado durante o processo de mistura são determinados segundo o ensaio descrito na NBR 13.278. Conhecendo esses parâmetros, pode-se calcular o consumo real de cimento por metro cúbico. A partir da avaliação do consumo de cimento, é possível estimar o custo de produção das argamassas. Além disso, o consumo de cimento é um dos principais fatores relacionados com as propriedades das argamassas no estado endurecido.

2.21.4 Retenção de Água

A retenção de água é medida pela capacidade de a argamassa fresca manter sua trabalhabilidade quando sujeita a solicitações como evaporação e sucção, as quais provocam perda de água. Essa propriedade, determinada segundo o ensaio descrito na NBR 13.277, está relacionada à superfície específica dos materiais componentes da argamassa e à relação aglomerante/aglomerante, entre outros fatores (CINCOTTO; SILVA; CASCUDO, 1995).

2.21.5 Propriedades da Argamassa no Estado Endurecido - Argamassas em Corpos-de-Prova

As propriedades das argamassas determinadas em ensaios realizados em corpos-de-prova avaliam, em laboratório, o comportamento do material, constituindo-se, basicamente, na análise da resistência mecânica e da sua permeabilidade.

2.21.6 Resistência à Compressão e Resistência à Tração por Compressão Diametral

A resistência mecânica é a propriedade de as argamassas endurecidas resistirem às tensões de tração, compressão ou cisalhamento a que o revestimento pode estar sujeito.

As argamassas de revestimento são usualmente solicitadas a resistir a pequenos esforços de compressão. As solicitações à tração, cisalhamento ou flexão têm ordem de grandeza muito maior. Os esforços gerados por essas tensões provêm de cargas estáticas ou dinâmicas decorrentes de fenômenos térmicos ou climáticos, ou, ainda, das solicitações durante o período de uso da edificação (CINCOTTO; SILVA; CASCUDO, 1995).

Os ensaios de determinação da resistência à compressão axial e da resistência à tração por compressão são descritos na NBR 13.279 e na NBR 7.222, respectivamente.

2.21.7 Permeabilidade

A permeabilidade é a propriedade da argamassa endurecida que caracteriza a passagem de água através do material, por meio de infiltração sob pressão, capilaridade ou difusão de vapor de água. Os principais fatores que influenciam a permeabilidade de uma argamassa são a relação água/cimento, a granulometria do agregado, a natureza e o teor do aglomerante. A percolação de água em um revestimento também depende das características do substrato, isto é, da superfície onde a argamassa é assentada (CINCOTTO; SILVA; CASCUDO, 1995).

A capacidade de proteção das argamassas de revestimento endurecidas, contra a ascensão capilar de água, é avaliada através do ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade, descrito no procedimento CETA Nº 5.198, baseado na NBR 9.779 (NEVES; MACIEL, 1998a).

Por sua vez, o ensaio de determinação da absorção de água por imersão, do índice de vazios e da massa específica, descrito na NBR 9.778, avalia a estrutura de poros da argamassa endurecida. Os vazios encontrados na argamassa são formados por ar incorporado ou aprisionados, ou decorrentes da evaporação do excesso de água. O teor de ar tem influência na resistência dos revestimentos e na absorção de água, limitando, assim, a dosagem de aditivos incorporadores de ar (CINCOTTO; SILVA; CASCUDO, 1995).

2.21.8 Propriedades da Argamassa no Estado Endurecido - Argamassas em Painéis

As propriedades das argamassas no estado endurecido estão relacionadas às características do substrato e da interface revestimento/substrato. Portanto, essas propriedades devem ser avaliadas numa argamassa aplicada sobre um substrato. A alvenaria de blocos cerâmicos é um dos substratos para aplicação da argamassa mais utilizados no país. As principais propriedades avaliadas em painéis de argamassa endurecida, aplicada sobre alvenaria, são apresentadas a seguir.

2.21.8.1 Resistência de Aderência à Tração - Arrancamento

A resistência de aderência à tração avalia a capacidade de as argamassas resistirem a esforços normais de tração. Essa propriedade é significativamente influenciada por diversos fatores: absorção de água, resistência mecânica, textura superficial, condições de execução do assentamento da base e natureza do aglomerante (CINCOTTO; SILVA; CASCUDO, 1995).

Nas edificações, uma das maiores razões de falha das argamassas de revestimento está relacionada com a perda ou a falta de aderência ao substrato. Assim, a capacidade de a argamassa obter uma aderência adequada, resistente e durável junto ao substrato, é uma das mais importantes propriedades relativas ao comportamento de um revestimento.

A NBR 13.528 descreve o ensaio utilizado para a determinação dessa propriedade. Os resultados obtidos nesse ensaio geralmente são muito variáveis, devido ao fato de a resistência ao arrancamento ser a medida da interação argamassa/substrato, dependendo, portanto, das características de ambos.

2.21.8.2 Dureza Superficial

O ensaio para determinação da dureza superficial do revestimento, descrito no procedimento CETA Nº 6/98, deve ser realizado antes de se submeter o painel aos ensaios de resistência de aderência à tração e de absorção de água (NEVES; MACIEL, 1998b). Os valores de leitura são variáveis, de acordo com imperfeições localizadas no revestimento.

2.21.8.3 Permeabilidade

A permeabilidade de uma argamassa já aplicada sobre um substrato pode ser avaliada pelo ensaio de absorção de água por sucção. Ainda não existe norma brasileira que estabeleça o ensaio para a determinação dessa propriedade, sendo,

portanto, utilizado o procedimento CETA Nº 7/99 (GOMES, 1999). Esse ensaio avalia a passagem de água através da argamassa por meio de infiltração sob pressão. Nesse ensaio, mede-se a quantidade de água absorvida por uma superfície de argamassa em um determinado tempo, simulando um revestimento submetido a chuva com ventos fortes, de aproximadamente 140 km/h.

2.22 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

As propriedades intervenientes no desempenho em serviços das argamassas de revestimento são muitas, porém, ainda são poucos os indicadores estabelecidos para avaliar seu comportamento em serviço. A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, apesar de apresentar diversos procedimentos de ensaio para argamassas de revestimento, estabelece apenas critérios para avaliar a resistência de aderência à tração (NBR 13.749).

A NBR 13.749 estabelece os limites mínimos de resistência à tração para revestimentos de argamassas, conforme o local de aplicação e o tipo de acabamento, conforme é demonstrado na tabela 10. Para que o revestimento atenda a essa especificação, a argamassa deverá apresentar; pelo menos, quatro valores, dentre os seis resultados do ensaio de resistência de aderência à tração, superiores aos limites estabelecidos.

LOCAL		ACABAMENTO	Ra (Mpa)
Parede	Interna	Pintura ou base de reboco	> 0,15
		Cerâmica e laminado	> 0,30
	Externa	Pintura ou base de reboco	> 0,25
		Cerâmica	> 0,30
Teto			> 0,20

Tabela 10: Limites de resistência de aderência à tração (RA) para argamassas de revestimento estabelecido pela NBR 13749.

Argamassas de desempenho comprovado é utilizada por diversos pesquisadores como parâmetro para avaliação do comportamento do material (CAVANI; ANTUNES; JOHN, 1997; GOMES, 2000; HAMASSAKI; SBRIGHI; FLORINDO, 1996; SILVA *et al.*, 1997).

Alguns países já estabeleceram indicadores, valores e parâmetros de avaliação do comportamento das argamassas. Entretanto, como os materiais utilizados para a produção de argamassas no Brasil têm características diferentes, além das condições climáticas serem distintas, não é adequado adotar; indiscriminadamente, tais parâmetros para a análise das argamassas produzidas no país.

2.23 REDUÇÃO, RECICLAGEM E REAPROVEITAMENTO: AÇÕES DE CIDADANIA VISANDO CONSTRUIR UMA SOCIEDADE MAIS HUMANA

Tomando como referência o conteúdo supra-indicado neste capítulo, sabe-se que a geração de grandes quantidades de resíduos sólidos é um dos principais problemas enfrentados pelas áreas urbanas. O crescimento populacional, o desenvolvimento econômico e a utilização de tecnologias inadequadas têm contribuído para o aumento crescente dessa quantidade.

Dentre os diversos tipos de resíduos gerados no ambiente urbano, destaca-se o entulho, resíduo das atividades de construção e demolição. A quantidade expressiva desse resíduo e o seu descarte inadequado causam graves impactos sócio-ambientais, impondo a busca de soluções rápidas e eficazes para sua gestão adequada, através da elaboração de programas específicos, que visem à minimização desses impactos.

Contudo, o entulho tem uma grande vantagem, apresenta elevado potencial de reciclagem, podendo ser utilizado como matéria-prima para produção de materiais de construção. Reciclar o entulho, independentemente do uso que lhe for dado, apresenta vantagens, tais como:

- a) redução dos impactos ambientais e sociais do descarte inadequado e de suas conseqüências negativas (alagamentos, deslizamento de encostas, proliferação de vetores de doenças, poluição, entre outras);
- b) otimização do uso dos aterros;
- c) transformação de uma fonte de despesa numa fonte de faturamento ou, pelo menos, de redução das despesas de deposição;

- d) redução de custos no orçamento municipal, pois um programa de gestão e reciclagem, geralmente, apresenta custos inferiores aos da gestão corretiva;
- e) substituição, em grande parte, dos agregados naturais empregados na produção de concreto, argamassa, blocos, tijolos, pavimentos, entre outras aplicações;
- f) redução dos custos de aquisição de matéria-prima e preservação das reservas naturais, devido à substituição de materiais convencionais - areia e rocha britada;
- g) criação de uma alternativa para mineradoras, que estão, cada vez mais, sujeitas a restrições ambientais, tendo de se instalar em locais distantes dos centros urbanos;
- h) geração de emprego e renda e criação de novas oportunidades de negócios;
- i) redução do consumo de energia e da geração de CO₂ na produção e transporte dos materiais;
- j) produção, em muitos casos, de materiais com melhores características tecnológicas;
- k) produção de materiais de menor custo, com redução do preço final das habitações e de obras de infra-estrutura (vias, drenagem, elementos pré-moldados, etc.);
- l) contribuição no desenvolvimento de ações dirigidas à minimização dos resíduos e ao gerenciamento ambiental;
- m) vinculação a ações de educação ambiental e participação comunitária, necessária para a implantação da reciclagem.

Assim, na visão holística de equacionamento dos problemas urbanos gerados pelo gerenciamento inadequado do entulho, a reciclagem desse material assume grande importância ao proporcionar tantos benefícios.

A prática da reciclagem do entulho é um processo já consolidado em vários países. Nos Estados Unidos, esse procedimento é utilizado há mais de 30 anos, na produção de agregados para base e sub-base de pavimentos. Em algumas regiões

da Europa, a reciclagem é uma questão cultural, decorrente da dificuldade de obtenção de matéria-prima natural (areia e brita) e da pouca disponibilidade de locais para deposição. Na Holanda, por exemplo, cerca de 70% do entulho é reciclado; na Alemanha, cerca de 30% e, na cidade de Copenhague, na Dinamarca, aproximadamente 25%.

Vários países da Comunidade Econômica Européia estabeleceram metas ambiciosas para reciclagem. A Holanda e a Alemanha estabeleceram metas de reciclar 90% do entulho, enquanto que a Dinamarca definiu um percentual de 60% até o ano 2000. Outras metas também devem ser alcançadas como, por exemplo, a redução das distâncias de transporte do entulho e do material reciclado.

Segundo o *EC Council Directive* (conselho que estabelece as diretrizes para os países da Comunidade Européia), para atingir essas metas, algumas medidas devem ser tomadas, entre elas:

- a) a prevenção e a redução da geração de entulho e de seus impactos ambientais diretos, através da redução das perdas, da implementação de tecnologias limpas e do reaproveitamento do resíduo;
- b) o estabelecimento de incentivos econômicos para a reciclagem;
- c) a implementação de projetos para gestão de resíduos;
- d) a aplicação da política de responsabilidade (sobretudo financeira) do produtor do resíduo.

Buscando a efetiva implantação de políticas para a reciclagem de entulho, todas as barreiras e obstáculos devem ser detectados. As soluções para essas questões devem ser planejadas e executadas como ações em longo prazo, combinadas com pesquisa e desenvolvimento.

As experiências européias demonstram que as ações em longo prazo têm apresentado bons resultados no que se refere ao alcance das metas de reciclagem. Essas ações devem ser freqüentemente revisadas, de acordo com a situação política e econômica, e pautadas em legislação e regulamentação específicas. Os aspectos legais, econômicos e técnicos dependerão da iniciativa das partes envolvidas, sendo necessária à criação de leis e normas específicas em todos os níveis - nacional, regional e municipal.

No Brasil, pouca quantidade de entulho é reciclada, e ainda não se dispõe de políticas públicas estaduais e federais eficientes sobre o tema. O Governo Federal lançou, em 1999, o Programa Brasileiro de Reciclagem, embora ainda não tenham sido implantadas ações consistentes para a reciclagem e o aproveitamento de resíduos na construção. Atualmente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) está elaborando a sua primeira resolução que trata especificamente dos resíduos da construção civil. Alguns municípios, como Belo Horizonte, Ribeirão Preto, Londrina, São Paulo, entre outros, já possuem usinas de reciclagem. Além disso, outros municípios vêm implantando ações para reciclagem do entulho, pautadas em legislação municipal adequada, como é o caso do município de Salvador.

A minimização da produção e a reciclagem de resíduos estão profundamente ligadas à compreensão dos diferentes problemas relativos à gestão e, nesse sentido, a educação e a informação das partes envolvidas, em todos níveis, tornam-se necessidades fundamentais. Além disso, a aplicação de mecanismos de apoio à reciclagem é fundamental para a consolidação e conscientização da sociedade quanto à necessidade de reciclar resíduos.

2.23.1 Reciclagem: situação de Foz do Iguaçu

Um problema bastante grave que uma cidade como Foz do Iguaçu enfrenta é a falta de programas integrados de educação ambiental, a partir do qual as comunidades possam relacionar boas práticas ambientais com a qualidade de vida e sua própria segurança. A participação da população é fundamental no processo de reciclagem de entulho, pois ela é a geradora do resíduo e consumidora dos materiais provenientes da reciclagem.

O preconceito quanto à utilização de materiais reciclados, geralmente, esta relacionada à falta de informações e estudos que demonstrem ao usuário o desempenho do produto, garantindo, assim, o seu uso seguro. Com o objetivo de superar esse problema, torna-se necessário o desenvolvimento de projeto-piloto que comprove em condição de uso, o seu desempenho, permitindo, ainda, a avaliação da satisfação das necessidades do usuário do material reciclado e, possibilitando o monitoramento das suas propriedades ao longo do tempo.

Embora a reciclagem de entulho não seja uma atividade nova, a adequação desse processo a uma atividade econômica é bastante recente. Fatores como envolvimento da iniciativa privada e boa aceitação do mercado podem ser decisivos para o sucesso de uma linha de atuação como essa.

Estudos econômicos preliminares demonstram que os agregados reciclados apresentam custos inferiores aos agregados convencionais, embora esses estudos devam ser aprofundados para atender à economia de mercado. Portanto, torna-se fundamental o desenvolvimento de pesquisas de mercado, para a análise da viabilidade econômica da reciclagem do entulho e dos materiais de construção produzidos a partir desse resíduo, incluindo o mapeamento dos possíveis parceiros e concorrentes e a quantificação das vantagens para os diversos agentes envolvidos no processo (gerador do resíduo, responsável pela reciclagem, produtor de materiais de construção, usuário do produto, poder público, entre outros). Além disso, aspectos de *marketing* devem ser introduzidos no processo, buscando-se a aceitação do uso do material reciclado e a sua valorização como material ambientalmente correto.

A seguir, descreve os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

DASILVA (2001, p. 40), ancorando-se no pensamento de autores como DEMO (1992), MINAYO (1997), GIL (1994), TRIVIÑOS (1987), BRUYNE *et al.* (1977), RICHARDSON (1999), argumenta que “todo trabalho, de cunho acadêmico ou não, tem uma base de fundamentos teóricos, no intuito de possuir um conjunto de conceitos, de princípios e técnicas que lhe dá um norteamento”.

Para DEMO (1992, p. 11), metodologia “significa, na origem do termo, estudo dos caminhos, dos instrumentos usados para se fazer ciência”.

As ciências contemplam como função principal à melhoria contínua da relação do homem com seu mundo, por meio do acervo do conhecimento denominado **científico**, distinto do conhecimento popular, do filosófico e do religioso (teológico). Caracteriza-se científico, dentre diversos atributos, por ser sistemático, verificável e falível. Assim, não é definitivo, absoluto ou final, já que novas proposições e o desenvolvimento de técnicas podem reformular o acervo da teoria existente (LAKATOS; MARCONI, 1986 *apud* DASILVA, 2001, p. 42).

Ao abordar metodologicamente o seu trabalho, DASILVA (2001), com propriedade, extrapola a questão científica e metodológica da pesquisa, diferenciando os termos método de método científico, ao expressar GIL (1994, p. 27): “pode-se definir **método** como caminho para se chegar a determinado fim. E, **método científico** como o conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos para se atingir o conhecimento”, seja ele científico ou não.

Em vista disso, com base nesses autores, torna-se manifesta a importância da metodologia na pesquisa, por meio do emprego de método científico para se alcançar o conhecimento científico e produzir ciência. Neste caso, ciência social aplicada.

3.1 CARACTERIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Do ponto de vista da sua natureza, a pesquisa é aplicada (SILVA, 2000), uma vez que se objetiva:

- a) identificar e apontar procedimentos para o aproveitamento de materiais

sólidos na indústria da construção civil, na perspectiva da gestão ambiental, em Foz do Iguaçu e região;

- b) propor mecanismos teóricos para a produção de materiais de construção aproveitando a reciclagem de materiais sólidos;
- c) estabelecer padrão de controle na produção destes materiais.

A abordagem do Problema de Pesquisa é qualitativa, pois envolve uma situação complexa do mundo real, especificamente na indústria da construção civil, sub-setor de edificações, tendo em vista que se utiliza a abordagem de gestão ambiental para propor procedimentos na utilização de materiais sólidos levando em conta principalmente à questão de reciclagem e de redução. Este último item envolve redução de tempo de produção, de custo da obra e de uso de materiais. Ressalta-se que foi apresentada no capítulo precedente, fundamentação para se produzir materiais de construção com qualidade equivalente aos materiais primários, entretanto no caso estudado (edificação do bloco quatro da UNIAMÉRICA) ficou patente o uso intensivo do R de redução e em menor intensidade o R de reciclagem.

Em relação à complexidade da realidade, RICHARDSON (1999, p. 83) diz que

Os estudos que empregam uma metodologia qualitativa podem descrever a complexidade de determinado problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos vividos por grupos sociais, contribuir no processo de mudança de determinado grupo e possibilitar, em maior nível de profundidade, o entendimento das particularidades do comportamento dos indivíduos.

Quando um problema de pesquisa é classificado como qualitativo, normalmente, pressupõe-se dispensável o uso de métodos e técnicas estatísticas para sua solução. Todavia, nessa dissertação quando coube fez-se uso de quadros, tabelas e figuras relacionadas à construção civil.

Situações como essas são consideradas por RICHARDSON (1999) como dicotômicas. Entretanto, ensinam GOODE e HATT (1973 *apud* RICHARDSON, 1999, p.79) que:

A pesquisa moderna deve rejeitar como falsa dicotomia a separação entre estudos **qualitativos** e **quantitativos**, ou entre ponto de vista **estatístico** e **não estatístico**. Além disso, não importa quão precisa sejam as medidas, o que é medido continua a ser uma qualidade.

Em vista disso, pode-se argumentar que a discussão, se o método é quantitativo ou qualitativo, deve se dar no campo epistemológico, e não no campo metodológico, o que justifica como verdadeira a dicotomia observada por RICHARDSON (1999).

Não obstante a classificação qualitativa do problema e dos objetivos estabelecidos, essa pesquisa é classificada como analítica/descritiva, pois assume, em geral, a forma de pesquisa de informações primárias e secundárias, envolvendo o uso das técnicas de análise documental e de entrevista para a coleta de dados, (ANDRADE, 1997; GIL, 1994; RICHARDSON, 1999; SILVA; MENEZES, 2000).

Conforme GIL (1987, p. 44), “as pesquisas descritivas são [...] as que habitualmente realizam os pesquisadores sociais preocupados com a atuação prática”. A pesquisa descritiva, por descrever situações de mercado, a partir de dados primários, é chamada de pesquisa *ad hoc*.

Na pesquisa descritiva não há preocupação em explicar alguma coisa (**o porquê**) ou mostrar relações causais (**como nas pesquisas de caráter experimental**), embora possam associar certos resultados a grupos de respondentes (GIL, 1994).

Nesse tipo de pesquisa, os acontecimentos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados e os fenômenos do mundo físico são estudados sem qualquer interferência e manipulação do pesquisador (ANDRADE, 1997).

Os procedimentos metodológicos que se faz necessários à conclusão desse trabalho de pesquisa permitem classificá-lo, também, como **Estudo de Caso**. Para GIL (1991 *apud* SILVA; MENEZES, 2000, p. 21), esse tipo de pesquisa envolve “o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento”. A unidade de análise refere-se a uma empresa da indústria da construção civil, especificamente relacionado ao planejamento e a execução de projetos que levem em conta a percepção da gestão ambiental no que diz respeito ao emprego de métodos e técnicas de trabalho harmonizado com a abordagem dos quatro Rs na utilização de materiais sólidos. TRIVIÑOS (1987, p. 133) corrobora o pensamento de GIL (1991), ao dizer que “o estudo de caso é uma categoria de pesquisa cujo objeto é uma **unidade** que se

analisa aprofundadamente”. Entende-se aqui como objeto de pesquisa, compreendendo fenômenos, processos, sistemas, etc.

Utiliza-se o estudo de caso geralmente quando se trata de analisar intensivamente uma situação particular e serve para “descrever uma situação gerencial” (BONOMA, 1985 *apud* BRESSAN, 2000, p. 2) e, também, para “responder às questões **como** e **porquê** que são questões explicativas e tratam de relações operacionais que ocorrem ao longo do tempo [...]”.

Ao abordar os tipos de estudos de casos e levantar a questão de validar o estudo de um único caso, YIN (1989 *apud* BRESSAN, 2000, p. 8) menciona que “o caso pode representar também um caso extremo ou único ou pode se tratar de um caso revelador que não era possível de ser investigado anteriormente e, desta forma, se constituírem objetos válidos para estudo”.

Pode-se concluir que o estudo de caso,

[...], assim como os métodos qualitativos, são úteis quando o fenômeno a ser estudado é amplo e complexo, onde o corpo de conhecimentos existente é insuficiente para suportar a proposição de questões causais e nos casos em que o fenômeno não pode ser estudado fora do contexto onde naturalmente ocorre (BONOMA, 1985 *apud* BRESSAN, 2000, p. 15).

O método de abordagem científica do presente estudo é o indutivo, tendo em vista que GODOY (1995, p. 63) observa que,

Como os pesquisadores qualitativos não partem de hipóteses estabelecidas *a priori*, não se preocupam em buscar dados ou evidências que corroborem ou neguem tais suposições. [...] As abstrações são construídas a partir dos dados, num processo de baixo para cima. Quando um pesquisador de orientação qualitativa planeja desenvolver algum tipo de teoria sobre o que está estudando, constrói o quadro teórico aos poucos, à medida que coleta os dados e os examina.

Para a coleta de dados e informações, na produção dessa dissertação, foram utilizadas as técnicas de entrevista e observação direta.

No estudo, adotou-se como pressuposto que os desperdícios da indústria da construção civil, além de acarretar custos desnecessários causando danos ambientais gera também poluição visual no meio urbano.

3.1.1 Perguntas de Pesquisa

De acordo com ALVES (1991, *apud* DASILVA, 2001, p. 43), “as perguntas de pesquisa consistem na operacionalização do problema de pesquisa. Através delas, pode-se obter, no contexto estudado, os aspectos relevantes para o que interessa ao pesquisador”.

Ainda com base no entendimento do referido autor, a partir do problema de pesquisa e do referencial teórico empírico, pôde-se desdobrar novas perguntas que serviram de sustentação para a presente dissertação, quais sejam:

- a) como reduzir e reaproveitar os resíduos sólidos da indústria da construção civil visando minimizar custos, maximizar resultados, reduzir tempo de construção e amenizar impactos ambientais?
- b) como a redução de materiais, de tempo e de custo da obra e, ainda a utilização de materiais recicláveis pode proporcionar economia de escala na indústria da construção civil na região de Foz do Iguaçu?

3.1.2 Delimitação do Estudo

Delimitar a pesquisa é estabelecer limites para a investigação. De acordo com MARCONI e LAKATOS (1996, p. 27), a pesquisa pode ser limitada em relação:

- a) ao assunto (selecionando um tópico, a fim de impedir que se torne ou muito extenso ou muito complexo);
- b) à extensão (porque nem sempre se pode abranger todo o âmbito no qual o fato se desenrola);
- c) a uma série de fatores (meios humanos, econômicos e de exigüidade de prazo) que podem restringir o seu campo de ação.

Para a adoção de procedimentos metodológicos na delimitação dessa pesquisa, em termos práticos, as seguintes limitações ocorreram:

- a) quanto ao assunto, foram abordados os aspectos referentes à redução de

- tempo, de custo da edificação, de materiais sólidos, à reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos de materiais de construção na própria obra;
- b) quanto à extensão, foi abrangida a esfera da indústria da construção civil da região de Foz do Iguaçu-PR;
 - c) quanto aos fatores, foi delimitado a analisar os processos de uma obra construída em Foz do Iguaçu-PR. Foi estudada a edificação do bloco quatro da UNIAMÉRICA.

3.1.3 Do Universo de Pesquisa e Amostra

A constituição do banco de dados para a realização de pesquisa, envolvendo o sub-setor de edificações da indústria da construção civil na esfera do município de Foz do Iguaçu-PR, *a priori* poderia considerar a gestão e os processos das empresas de construção civil.

Identificar nesse universo quais seriam os prováveis processos que poderiam ser pesquisados, pode parecer difícil ou mesmo impossível, mas deve-se levar em conta que as empresas da indústria da construção civil, geralmente, buscam, na construção de uma obra, produzi-la no menor tempo possível, levando em conta a questão de qualidade com o menor custo e, levando em conta também à questão de preservação ambiental.

Assim, torna-se bem mais flexível escolher a população que será pesquisada. Como o presente estudo teve como propósito básico o desenvolvimento formal de procedimentos para a gestão de redução, de reciclagem, de reaproveitamento e de recuperação, com vistas a aproveitar resíduos sólidos na produção de materiais de construção de baixo custo para a indústria da construção civil na região de Foz do Iguaçu-PR, os gestores e os processos de uma empresa de construção civil foram os objetos de análise que compuseram o referido universo e a população. Por se tratar de um estudo de caso optou-se pela utilização da amostra intencional, vista como a melhor maneira de se alcançar os objetivos da dissertação.

Para MARCONI e LAKATOS (1996, p. 28), “a amostra é uma parcela

convenientemente selecionada do universo (população); é um subconjunto do universo”. O resultado apresentado nesse estudo estende-se somente ao caso estudado no município de Foz do Iguaçu.

3.1.4 Dos Sujeitos da Pesquisa

VERGARA (1997, p. 50) ressalta que os “sujeitos da pesquisa são as pessoas que fornecerão os dados de que o pesquisador necessita”.

O sujeito da pesquisa desse trabalho foi o gestor geral de uma empresa de construção civil sediada em Foz do Iguaçu-PR.

Nessa dissertação, o contingente populacional previsto foi de um cargo da alta gerência dessa empresa.

3.2 DO PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS E DE ANÁLISE

A coleta de dados e informações relacionados com a indústria da construção civil, numa perspectiva de ecologia profunda, teve início com a revisão da literatura em livros, dicionários, periódicos especializados, teses, dissertações, *internet*, entre outras fontes bibliográficas. Além disso, foram consultadas bibliotecas de instituições públicas e privadas de ensino superior e instituições do setor bancário preocupadas com a questão de preservação do meio ambiente.

No processo de coleta de dados e informações, foram utilizados dois recursos distintos, quais sejam, dados primários e dados secundários.

3.2.1 Dados Primários e Secundários

Os **dados primários** são aqueles coletados pela primeira vez pelo pesquisador (DASILVA, 2001, p. 52). Os dados primários foram coletados por meio da técnica de observação direta do processo de edificação do bloco quatro da

UNIAMÉRICA e da técnica de entrevista semi-estruturada elaborada com o gestor principal da empresa de construção civil que executou o empreendimento estudado. Ressalta-se que a obra empreendida pela empresa de construção civil, bem como o seu dirigente formou o objeto e o sujeito de análise desse estudo.

Os **dados secundários**, de acordo com DASILVA (2001, p. 53), são aqueles já disponíveis na empresa, disponibilizados em atas, manuais, organogramas, fluxogramas, normas e regimentos, leis e estatutos e demais documentos que se pode encontrar em uma organização.

Para a realização dessa dissertação, utilizou-se da pesquisa documental em normas da ABNT, Projetos de Construção, Manuais e Procedimentos de Engenharia Civil. Outras informações foram fornecidas pelo Sindicato da Construção Civil e pela Secretaria de Obras do Município de Foz do Iguaçu-PR.

Para alcançar os objetivos dessa dissertação, as técnicas de entrevista semi-estruturada e de observação direta foram escolhidas como instrumento principal de coleta de dados primários. GIL (1987, p. 118) argumenta que “a entrevista é uma técnica muito eficiente para a obtenção de dados em profundidade acerca do comportamento humano”. Buscou-se nesta pesquisa, além de compreender o comportamento gerencial, compreender também os procedimentos adotados na utilização de materiais de resíduos sólidos no processo de edificação de uma obra.

Para RICHARDSON (1999), o meio mais direto de estudar uma ampla variedade de fenômenos é através da observação direta, isto é, tudo o que pode ser percebido pelos sentidos ou pela consciência, bem como tudo o que é raro e surpreendente. Portanto, o emprego da observação direta harmoniza-se com os objetivos dessa pesquisa, tendo em vista que se buscou compreender a complexidade envolvida tanto no processo de edificação de uma obra, como na questão da preservação do meio ambiente.

Na etapa de análise e interpretação dos resultados obtidos pelas técnicas de entrevista e de observação direta, os resultados obtidos indicaram como uma empresa da indústria da construção civil pode produzir com qualidade e economia, utilizando-se do **R de Redução**, do **R de Reutilização** do **R de Reciclagem** e do **R de Recuperação** de resíduos sólidos, levando em conta, evidentemente a questão de preservação do meio ambiente. Ressalta-se que esses quatro erres formam o

que se denomina de gestão preventiva.

No próximo capítulo encontra-se a seção de análise e interpretação dos dados e informações. A análise e interpretação dos resultados da pesquisa, capítulo quatro, permitem identificar os procedimentos e processos utilizados pela construtora (empresa de construção civil) que possibilitaram a construção de um empreendimento, focando principalmente no R de Redução. O projeto do bloco quatro da UNIAMÉRICA e sua execução foram ancorados no uso intensivo de tecnologia, como também de novos métodos de trabalho. Buscou-se nessa construção maximizar tempo e resultado e, ainda, respeitar o meio ambiente.

3.2.2 Protocolo da Entrevista

Em decorrência de que na atualidade urge a necessidade de que qualquer processo fabril observe as questões relacionadas com a gestão ambiental, buscou-se como estudo de caso uma empresa que já estivesse em sintonia com as práticas de observância de preservação e conservação do meio ambiente.

Foi obtida a anuência dos dirigentes da UNIAMÉRICA, objeto de estudo, para iniciar a pesquisa e, conseqüentemente, atender aos seus objetivos. Essa anuência permitiu observar *in loco* procedimentos e processos aplicados na construção de um empreendimento. Ressalta-se que o objeto de análise desse estudo foi a compreensão e análise da construção de uma obra desde o seu começo até o seu término.

Os processos e procedimentos utilizados na obra foram obtidos pela técnica de observação direta e os dados e informações gerenciais foram coletados pela técnica de entrevista semi-estruturada.

A amostra intencional foi composta pelo dirigente da construtora sediada no município de Foz do Iguaçu, pelo dirigente da UNIAMÉRICA, pelo contador da Faculdade e também pelo pessoal de comunicação desta IES.

É preciso salientar que a aceitação e a colaboração dos dirigentes das organizações que estiveram envolvidos na pesquisa foram imprescindíveis e, certamente, contribuíram decisivamente para se compreender a importância da

utilização de se produzir com o mínimo, em termos de custo, de tempo e de consumo de matéria prima. O caso estudado *a priori* indicava o emprego de racionalidade na construção civil, uma vez que, os dirigentes dessas empresas buscavam produzir com baixo custo, alta qualidade, preço justo e, ainda respeitando a questão de impactos ambientais.

As entrevistas foram marcadas, normalmente através de contato telefônico e pessoal com os entrevistados. O entrevistador apresentava-se como Mestrando em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, elaborando uma Dissertação de Mestrado, e para isso examinava aspectos da organização na qual o entrevistado atua ou atuou como dirigente. Solicitava-se a entrevista, respeitando local, data e horário desejado pelo entrevistado. Informava-se a ênfase maior em dados qualitativos, quando pertinente, também em dados quantitativos e, na interpretação pessoal. Informava-se também que a duração da entrevista giraria em torno de sessenta a noventa minutos.

Quatro dirigentes concederam entrevistas. Ressalta-se que apenas a entrevista com o gestor da construtora do bloco quatro foi filmada, as demais foram entrevistas informais. No início da entrevista com o dirigente da construtora informou-se de forma sucinta os objetivos da pesquisa, e solicitou-se a permissão para gravá-la.

A gravação foi transcrita literalmente de acordo com o original e posteriormente ela foi parafraseada. Nas outras entrevistas, este pesquisador tomou nota daquilo que julgou importante e necessário para a conclusão da dissertação.

Informou-se ao entrevistado que no texto seria usado um codinome para identificá-lo. A fita e sua transcrição encontram-se a disposição daqueles que se interessarem. Foi solicitado pelos dirigentes que concederam entrevistas que seus nomes não constassem do relatório final da dissertação.

3.2.3 Do Procedimento de Análise

Para que os objetivos desse estudo fossem atingidos, foi necessário estabelecer um conjunto de procedimentos metodológicos, para determinar os níveis

ideais sobre a utilização do modelo de gestão de quatro erres no processo de construção de um empreendimento. Essa abordagem possibilitou inferir se ela realmente implica em produzir minimizando custos (baixo custo), maximizando resultados (lucros), reduzindo tempo de produção e respeitando o meio ambiente.

Encontra-se no capítulo seguinte a análise e a interpretação dos dados, bem como a conclusão da pesquisa de campo.

Para a elaboração deste trabalho, além da pesquisa de campo, foi realizada também revisão da literatura e pesquisa documental, nas quais foram estudados trabalhos relacionados com Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção de Baixo Custo, visando caracterizar, ilustrar e problematizar as atividades de gerenciamento, para obtenção da formação de uma base conceitual necessária ao trabalho em tela. Buscou-se também fundamentos para a questão da redução, tão necessária não só no campo da construção civil como também nos demais setores produtivos.

4 ANÁLISE DE DADOS E INFORMAÇÕES

Neste capítulo apresentam-se, tendo como base o referencial teórico e metodológico, indicados nos capítulos precedentes, a análise e a compreensão (ancoradas na análise de documentos internos da UNIAMÉRICA e em excertos da entrevista feita com o Engenheiro Aristóteles [codinome do entrevistado]) de procedimentos utilizados na redução, na reutilização e na reciclagem de resíduos sólidos, reaproveitados como materiais de construção, na edificação do bloco quatro que foi o objeto de análise dessa dissertação. As figuras 1, 2, 3 e 4, a seguir, indicam o início o desenvolvimento e o término dessa construção.



Figura 1: Vista panorâmica da planta baixa do bloco quatro.
Fonte: Base de dados da UNIAMÉRICA.



Figura 2: Planta baixa do bloco quatro.
Fonte: Base de dados da UNIAMÉRICA.



Figura 3: Construção em andamento do bloco quatro.
Fonte: Base de dados da UNIAMÉRICA.



Figura 4: Construção semi-acabada do bloco quatro.
Fonte: Base de dados da UNIAMÉRICA.

4.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA UNIAMÉRICA

De acordo com relatos contidos em documentos internos da UNIAMÉRICA, esta Instituição de Ensino Superior - IES de Foz do Iguaçu num curto espaço de três anos apresenta uma história de sucesso. A UNIAMÉRICA nasceu com o propósito de “transformar e consolidar o Pólo Universitário de Foz do Iguaçu, oferecendo ensino superior de qualidade com forte apelo na responsabilidade social, foi a principal força motriz de um grupo de abnegados que em 2001 decidiu fundar a UNIAMÉRICA” (UNIAMÉRICA, 2004).

Para a UNIAMÉRICA (2004), na atualidade, passados três anos, o grupo original de pouco menos de dez pessoas cresceu vertiginosamente e, juntamente com o corpo diretivo, professores, coordenadores, funcionários e acadêmicos têm muito a comemorar. Ainda de acordo com a UNIAMÉRICA (2004),

A UNIAMÉRICA provou ser uma exemplar demonstração da capacidade de união e realização da comunidade de Foz do Iguaçu. Com um projeto arrojado e inovador, do ponto de vista acadêmico e pedagógico, bem como de sua estrutura física, a UNIAMÉRICA consolidou-se como o novo em termos de ensino superior. O objetivo de formar profissionais altamente qualificados, em carreiras ainda não existentes na cidade e na região, foi o que sempre moveu os idealizadores do projeto.

Relatórios internos dessa IES indicam que ela foi autorizada a funcionar pelo Ministério da Educação (MEC) no dia 17 de maio de 2001. Oficialmente a IES foi inaugurada no dia 12 de julho deste ano. Em 13 de agosto de 2001 a faculdade foi aberta para o primeiro dia de aula, contando com cinco cursos superiores (Administração com ênfases em finanças e *marketing*, Fisioterapia, Ciências Biológicas e Enfermagem). Depois de três anos de funcionamento, a UNIAMÉRICA, de acordo com estes relatórios, já consolida sua posição no mercado da educação superior, oferecendo para a comunidade iguaçuense e demais comunidades do extremo oeste do Paraná dezesseis cursos de graduação: Biomedicina, Educação Física, Engenharia Ambiental, Geografia, História, Normal Superior – séries iniciais, Normal Superior – Educação Infantil, Nutrição, Psicologia, Secretariado Executivo Trilingue e Serviço Social. Ressalte-se que alguns deles são inéditos na região, como por exemplo, o de Biomedicina.

Os relatórios também apontam que o crescimento da oferta de cursos foi acompanhado da expansão do quadro de pessoal. Dos vinte professores iniciais, hoje a UNIAMÉRICA já conta com uma equipe docente formada por cento e cinquenta professores, em sua maioria, com formação acadêmica em níveis de mestrado e doutorado. Se em 2001 a UNIAMÉRICA possuía trezentos e dois acadêmicos matriculados, em 2004 ela fechou o ano com mais de dois mil e setecentos estudantes. Naturalmente para acompanhar o crescimento discente a IES que tinha nos idos de 2001 vinte e três funcionários, em 2004 contava com cento e dez. Percebe-se que o crescimento da UNIAMÉRICA gerou um universo de duzentos e sessenta empregos diretos, sem falar nos inúmeros empregos indiretos

que a IES proporciona por meio dos serviços terceirizados, como a cantina, o xerox e a permanente edificação de prédios e salas de aula para abrigar as novas turmas de alunos. Também merece destaque o pagamento rigorosamente em dia dos impostos e demais tributos, mostrando que a UNIAMÉRICA se preocupa em colaborar para o crescimento econômico da cidade e da região (UNIAMÉRICA, 2004). A edificação do bloco quatro, objeto de análise dessa dissertação, foi construída em trinta dias. Essa edificação, conforme relatos dos dirigentes da UNIAMÉRICA e do engenheiro Aristóteles, no seu processo de construção fez uso de novos métodos de trabalho, do uso de novas tecnologias e, ainda levou em consideração a questão ambiental. A construção deu-se num curto espaço de tempo



devido a crescente demanda de acadêmicos que optaram por fazer um curso superior na UNIAMÉRICA. Na figura 4, a seguir, pode-se perceber vista panorâmica da UNIAMÉRICA.

Figura 4: Vista panorâmica da Universidade das Américas – Uniamérica.
Fonte: Base de dados da UNIAMÉRICA.

Conforme relato contido num documento interno da UNIAMÉRICA (2004), um dos objetivos precípuos da UNIAMÉRICA é a preocupação com o desenvolvimento da comunidade local e regional. A IES é uma organização genuinamente iguaçuense. Ela desde o princípio buscou diferenciar-se das demais optando por carreiras profissionais ainda inexistentes. Assim, com vistas a garantir qualidade na

prestação de serviços educacionais, investimentos foram dependidos na compra de equipamentos e mobiliário para a instalação de laboratórios, biblioteca, salas de aula e espaços administrativos. Percebe-se que a construção do bloco quatro no prazo de trinta dias vai ao encontro dessa argumentação. Percebe-se também que a UNIAMÉRICA cresceu muito rapidamente desde o seu nascimento (2001). Para fazer frente a esse crescimento vertiginoso, de acordo com Aristóteles, foram necessários muitos investimentos em edificações para atender com qualidade os novos acadêmicos.

4.1.1 O Ensino Superior e o Desenvolvimento de Foz do Iguaçu e Região

Para a UNIAMÉRICA, o desenvolvimento do ensino superior, e o surgimento de novas IES na região oeste do Paraná, inaugurou um novo ciclo econômico, e na atualidade se constitui em fator que contribui decisivamente para o desenvolvimento de Foz do Iguaçu e de toda a região oeste do Paraná. No geral são seis instituições de ensino superior só em Foz do Iguaçu (uma pública e as demais privadas), e mais de vinte instituições nos municípios circunvizinhos da Região Oeste.

De acordo com a UNIAMÉRICA (2004),

Uma conta que precisa ser feita é a que mede a representatividade econômica dos investimentos feitos por estas instituições de ensino em infra-estrutura, equipamentos e bibliotecas para colocar em funcionamento mais de duzentos cursos superiores, abrigar aproximadamente trinta mil acadêmicos e contratar mais de dois mil professores. O ensino superior hoje caracteriza, sem dúvida, mais um segmento econômico na região.

Mais detalhes sobre a evolução do ensino superior em Foz do Iguaçu e região encontra-se na tese de doutorado de DASILVA (2004). Esta tese analisa como se deu à implantação do ensino superior nesta cidade, bem como analisa a sua evolução e o seu crescimento.

O relatório de três anos da UNIAMÉRICA indica que é preciso considerar a dimensão da inclusão social que representa o engajamento profissional dos graduados, que tem na educação superior a possibilidade de realização pessoal e melhor acesso ao mercado de trabalho. Por outro lado, é necessário considerar também a melhoria dos padrões de qualidade de vida, de trabalho e da prestação

de serviços, que foi disponibilizada a toda a comunidade pela presença de profissionais melhores qualificados nas diferentes instituições e empresas (UNIAMÉRICA, 2004).

Este relatório também considera que ainda existe um outro aspecto de relevância a ser destacado, que é o papel das atividades de extensão realizadas pelas instituições de ensino. Cada uma à sua forma, elas prestam os mais diversos tipos de atendimento gratuito às diferentes comunidades. A UNIAMÉRICA está inserida, com muito orgulho, neste contexto dinâmico de expansão e, ao mesmo tempo, de consolidação do ensino superior na região.

Para a ex-diretora geral da UNIAMÉRICA Norma Viapiana Golfeto,

É à busca da construção de uma instituição-empresa que cumpre plenamente com a sua função, pautando-se também pela qualidade de suas ações, mas que vai além disso. É uma atitude que transcende os modelos usuais de gestão de instituições de ensino superior, é trilhar caminhos desconhecidos, e às vezes ir construindo o caminho durante a caminhada, o que exige de todos nós esforço redobrado, uma grande dose de empreendedorismo, muita coragem e audácia.

Percebe-se na argumentação da ex-diretora da UNIAMÉRICA, uma proposta de IES privada comprometida com ações que extrapolam a questão econômica, indo de encontro também com questões ecológicas e sociais.

Para o presidente da UNIAMÉRICA Fouad Mohamad Fakh, dois fatores são essenciais para atingir o sucesso de um Programa de Trabalho Voluntário e de Cidadania. O primeiro é a necessidade de inserir a IES nas instituições assistenciais, em benefício da comunidade. O segundo é uniformizar qualquer tipo de redução nas mensalidades de acordo com um critério justo. Constatou-se que a UNIAMÉRICA utiliza-se do mecanismo de trabalho voluntário como política de abatimento nas mensalidades daqueles acadêmicos que tem alguma dificuldade financeira de manter em dia o pagamento de suas mensalidades. O presidente da UNIAMÉRICA diz que

A instituição tem um preço único para cada curso, por isso não praticamos preços diversificados para determinados alunos. Dentro de um critério de horas trabalhadas ganha-se o desconto, e com isso o nosso aluno está se doando à comunidade, crescendo não só na profissão como na noção de cidadania.

Ainda para o presidente da UNIAMÉRICA, a cada semestre a estrutura física tem sido aumentada para atender as necessidades dos novos alunos entrantes que

chegam à instituição. No ano de 2004 foram concluídos um ginásio de esportes e doze novas salas de aula. Foi construído também no ano de 2004 um novo prédio de laboratórios.

Optou-se por analisar a construção do bloco quatro da UNIAMÉRICA, uma vez que ele foi construído rapidamente (trinta dias) levando em conta a questão de reaproveitamento de resíduos sólidos, bem como utilizando as técnicas mais sofisticadas da construção civil. Tradicionalmente a construção civil planeja e executa suas obras tendo como referência a questão dos três erres. Redução, Reutilização e Reciclagem. Sabe-se que os anos noventa trouxeram uma nova forma de gerenciar resíduos. Pressionados e influenciados por regulamentações e, ainda levando em conta pressões do público e a necessidade de melhorar a eficiência na exploração de recursos, a indústria da construção civil passou de uma visão de tratamento de resíduos para uma visão de prevenção. Observa-se que na atualidade algumas companhias estão utilizando técnicas que auxiliam a indústria na abordagem de prevenção de resíduos utilizada por ela. Uma das técnicas mais utilizada é conhecida como quatro erres. Redução, Reutilização, Reciclagem e Recuperação.

Na prática sabe-se que não existem soluções simples para o problema do tratamento de resíduos. Todavia, as companhias estão buscando soluções que em consonância com indicadores produzem um efeito sinérgico. Percebe-se que como parte da solução, com muita frequência na construção civil, encontra-se a redução de quantidade de emissões, a reutilização de produtos, a queima de resíduos para recuperação de energia e a reciclagem de partes dos resíduos sólidos. Obviamente a Redução, a Reutilização e a Reciclagem são conhecidas na indústria da construção civil como os três erres, e de modo geral as companhias apenas focam estes três erres para resolver os problemas de tratamento de resíduos sólidos. Em companhias mais dinâmicas e inovadoras, as soluções quatro erres emergem como resultados de *benchmarking* e melhoramentos tecnológicos.

Conforme indicado nas figuras 5, 6, e 7, na seqüência, pode-se visualizar que o bloco quatro da UNIAMÉRICA foi construído utilizando a abordagem quatro erres. De acordo com Aristóteles, na edificação desse bloco, foi utilizado o que existe de melhor em termos de tecnologia empregada na construção civil. Por exemplo, foi

utilizada a técnica de bacião (fôrma confeccionada com polipropileno) que serve de base para a laje nervurada. Observa-se também a utilização de compensado plastificado que poderá ser reutilizado até dezoito vezes. Outra técnica que pode ser observada é o uso de pontaletes metálicos (também reutilizáveis) que elimina o uso de madeira. Naturalmente o não uso de madeira evita futuras devastações. Essa técnica descarta o uso de madeira, possibilitando assim economia de insumos (madeira) e evitando dessa forma futuros desmatamentos. Aristóteles salienta que há cinco anos, o custo do metro cúbico da madeira era de R\$ 250,00 reais e que atualmente o seu custo é de R\$ 800,00 reais. Duas questões ficam evidentes:

- a) a inviabilidade econômica de se usar madeira no processo produtivo de edificações;
- b) a escassez de madeira para uso na construção civil.

Ressalta-se que nesta obra somente foi utilizada madeira para o escoramento de sustentação da laje. Essas madeiras, segundo Aristóteles, são materiais reutilizáveis. No anexo A, encontram-se os fornecedores de materiais que abasteceram a UNIAMÉRICA na construção do bloco quatro.



Figura 5: Compensado plastificado
Fonte: Base de dados da UNIAMÉRICA.



Figura 6: Pontaletes metálicos
Fonte: Base de dados da UNIAMÉRICA.

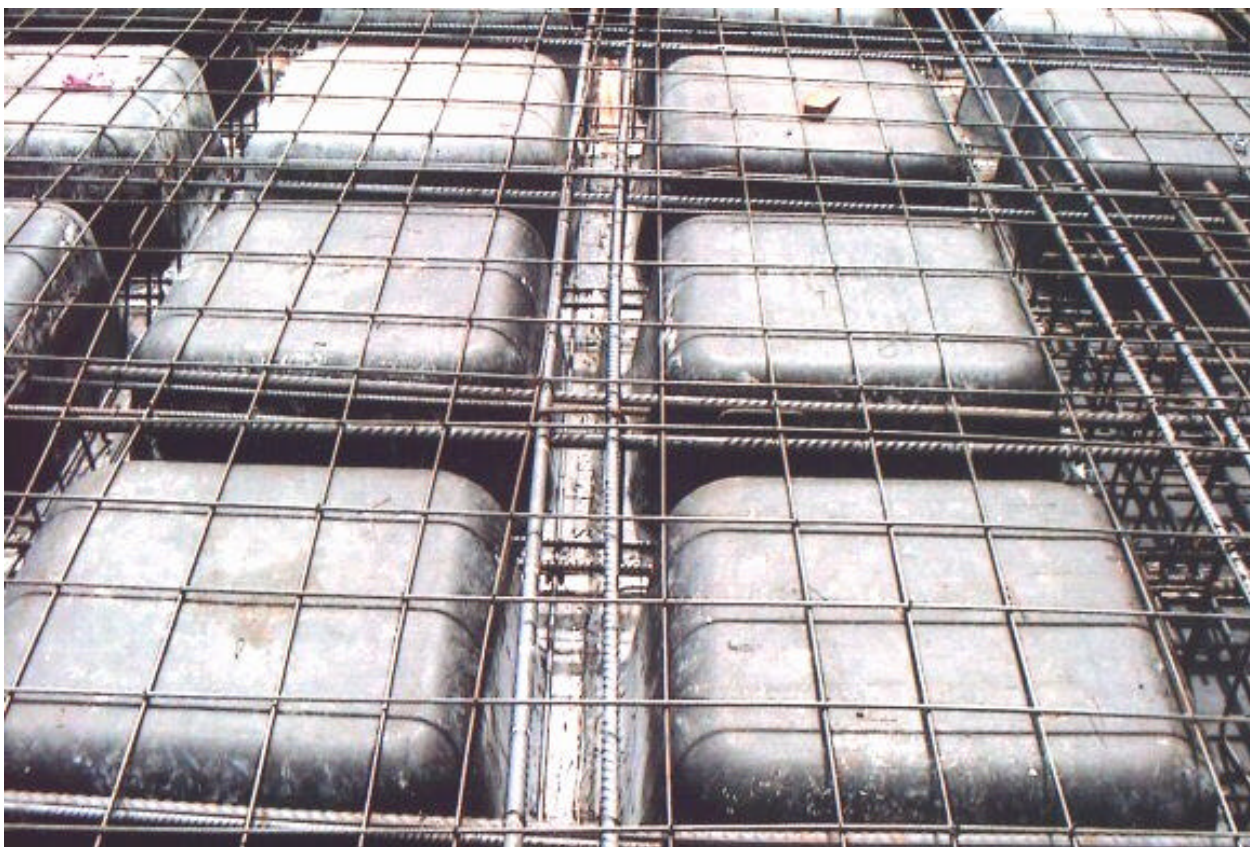


Figura 7: Laje nervurada

Fonte: Base de dados da UNIAMÉRICA.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO DO BLOCO QUATRO

O termo desenvolvimento sustentável surgiu na década de 1980 e se consagrou com o Relatório de Brundtland, intitulado **Nosso Futuro Comum**, da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED, sigla em inglês). De acordo com esta entidade, **desenvolvimento sustentável** é o desenvolvimento que vai ao encontro das necessidades presentes sem comprometer as habilidades das futuras gerações atenderem suas próprias necessidades. Pode-se dizer que a edificação do bloco quatro da UNIAMÉRICA foi elaborada em consonância com a questão do desenvolvimento sustentável, tendo em vista que, esta edificação foi feita usando os quatro erres em harmonia com as melhores técnicas da construção civil. Essa argumentação é corroborada pelas palavras de Aristóteles que observa:

Buscamos no planejamento e na execução do bloco quatro da UNIAMÉRICA cumprir o cronograma de obra estabelecido que foi de trinta dias. A metragem da edificação foi de 3.240 m². Para que pudéssemos cumprir com os objetivos desse projeto utilizamos duas abordagens: o uso de soluções técnicas e a formação de duas equipes que trabalharam de modo afinado. Em termos de soluções técnicas usamos a laje nível zero que permitiu a eliminação de três etapas de construção (regularização do piso, reboco e assentamento de piso cerâmico) reduzindo com isso o custo da obra de R\$ 700,00 para R\$ 400,00 o m². A laje nível zero, também permite um processo rápido de edificação, uma vez que, é utilizado concreto de alta resistência processado com máquinas bailarinas (máquina a laser) o que permite a produção já na sua forma acabada. Usamos também a laje nervurada que permitiu a construção de salas com vãos superiores a dez metros. Esta laje é plana, sem vigas, o que facilita a questão de luminosidade, de fundamental importância numa sala de aula. A laje nervurada evita também a questão de dilatação, comum na cidade de Foz do Iguaçu devido às variações abruptas de temperatura. Para cumprir o cronograma de trinta dias utilizamos na construção do bloco quatro da UNIAMÉRICA a técnica de alvenaria de tijolos à vista. Essa técnica permitiu eliminar o chapisco, o reboco e a pintura, sendo necessário somente à impermeabilização dos tijolos. As esquadrias foram de grande porte eliminando com isso os re-quadros. Juntamente com as soluções técnicas treinamos cotidianamente duas equipes de trabalhos que trabalharam de modo eficiente e eficaz do começo ao fim da edificação.

No anexo B, encontra-se o custo total da obra do bloco quatro da UNIAMÉRICA.

Ainda levando em conta a questão do desenvolvimento sustentável, sabe-se que o conceito foi construído por meio de longos debates que partem das teorias da problemática da escassez diante do crescimento populacional, do fisiocrata Malthus, passando pela visão de controle e minimização dessa escassez pelo progresso técnico, do liberal Stuart Mill, e pelas experiências dos movimentos ambientalistas que questionaram os **efeitos colaterais** do desenvolvimento tecnológico. Assim, existe uma relação contraditória e desafiadora entre ciência e tecnologia, e meio ambiente: ao mesmo tempo em que a tecnologia gerou os principais mecanismos de agressão ao meio ambiente, também é ela que tem apresentado as melhores alternativas para amenizar ou solucionar esses impactos. Essa argumentação de fato pôde ser constatada na edificação do bloco quatro da UNIAMÉRICA. As figuras apresentadas anteriormente evidenciam a utilização conjunta do uso da ciência e da tecnologia em consonância com a questão ambiental.

Pode-se dizer que na década de 1970, tinha-se uma visão mais voltada para amenizar e postergar os impactos ambientais. Esta década foi caracterizada especialmente pela adoção de **tecnologias limpadoras** ou **incrementais** nas

empresas. Nos anos 1980 e mais recentemente, o foco tem se voltado à adoção de **tecnologias limpas** ou **radicais** a partir da percepção de que o modelo atual de desenvolvimento econômico é insustentável e que a sua persistência pode condenar as gerações futuras à ausência de condições mínimas de qualidade de vida. Acredita-se que o modelo de construção do bloco quatro da UNIAMÉRICA poderá servir de parâmetro para uma gestão dinâmica e inovadora e, em sintonia com a questão ambiental. A indústria da construção civil de Foz do Iguaçu, como também de outras regiões do Brasil poderão ter no modelo de construção do bloco quatro da UNIAMÉRICA, quem sabe, soluções empreendedoras, levando em conta a abordagem de quatro erres, enfatizando principalmente a questão de Redução.

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1992, no Rio de Janeiro, foi o grande marco da institucionalização do desenvolvimento sustentável. Baseados neste conceito, novos valores, como a educação ambiental e o certificação da gestão ambiental, foram inaugurados. Acredita-se que construir respeitando o meio ambiente, em última análise, é uma lição de cidadania.

4.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO

O engenheiro Aristóteles argumenta que a técnica de alvenaria de tijolos à vista reduz três etapas no processo de edificação. Essas etapas são:

- a) o reboco;
- b) o chapisco;
- c) a pintura.

De acordo com Aristóteles, essas etapas demandam muito tempo no processo de edificação e naturalmente o consumo de materiais, além de investimentos que se fazem necessários no processo produtivo de uma obra.

O engenheiro Aristóteles também ressalta que a técnica de laje nervurada permite a construção de uma edificação com grandes vãos. Aristóteles observa que na região de Foz do Iguaçu os vãos são de no máximo de seis metros. A laje

nervurada na edificação do bloco quatro da UNIAMÉRICA permitiu construir vãos superiores a dez metros facilitando dessa forma edificar salas de aulas sem colunas o que facilita naturalmente uma boa visualização para os acadêmicos. As soluções técnicas utilizadas na edificação desse bloco permitiram construir salas de aula que facilitam uma melhor acidade visual e sonora.

Aristóteles salienta que as formas de polipropileno da laje nervurada podem ser utilizadas de doze a dezoito vezes. Ela ainda enfatiza que a UNIAMÉRICA tem uma política, que já foi implementada, para aproveitar e reaproveitar as águas pluviais. O entrevistado explica que o planejamento e a execução de obras na UNIAMÉRICA depende da demanda de alunos.

Percebe-se na argumentação do engenheiro responsável pelas construções da UNIAMÉRICA a aplicação do **R** de **Redução**. Essa ênfase vai ao encontro das orientações do Environment do Canadá. Esse órgão indica que em primeiro lugar, numa perspectiva de gestão ambiental, deve-se enfatizar a edificação de obras levando em conta a idéia de se produzir reduzindo o consumo de materiais sólidos, de tempo de produção e conseqüentemente de investimentos de capital.

A construção teórica dessa dissertação enfatiza o uso da reciclagem de resíduos sólidos como medida preventiva de se produzir com economia respeitando o meio ambiente. Sabe-se que na prática deve-se enfatizar primeiro o R de Redução. Em segundo lugar, o R de reutilização. Em terceiro lugar, o R de reciclagem e por último o R de recuperação. Ficou evidente no processo de edificação do bloco quatro da UNIAMÉRICA a ênfase nos dois primeiros erres. Todavia importante se faz o uso dos quatro erres com vistas a atender além dos interesses econômicos também os interesses sociais e ambientais.

No próximo capítulo encontram-se as principais inferências que foram possíveis de se indicar a partir do objeto de análise da dissertação. Encontram-se também recomendações de estudos futuros na indústria da construção civil em sintonia com questões econômicas, sociais, demográficas, éticas, políticas e ambientais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A seguir, encontram-se as considerações finais do trabalho e algumas recomendações para a produção de pesquisas no campo da construção civil.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sustentabilidade da mãe terra, de acordo com autores como Morin (2000; 2001), Maturana (1998), Capra (2003), extrapola a visão reducionista, positivista, economicista de cunho eminentemente ocidental, buscando âncora numa visão matrística e sistêmica que reincorpora o homem como seu filho e não mais seu dominador. A relação harmônica e de respeito do homem para com a natureza poderá ser a sua salvação no presente como no futuro. Crescimento econômico de alguma maneira sempre implica algum grau de destruição, todavia é chegada a hora do homem começar a deixar para a natureza o que pertence a ela, pois caso isso não aconteça, provavelmente o ar e a água no futuro, tão necessário à vida na terra, poderão ser danosos para o consumo humano, prejudicando naturalmente a qualidade de vida do homem, como também de todos seres vivos que habitam no planeta terra.

O *Environment Canadá* observa que para maximizar os resultados no tratamento de resíduos sólidos (utilizados na indústria da construção civil) necessários se faz:

- a) o emprego da redução de resíduos sólidos. É sempre preferível reduzir do que reutilizar, recuperar ou reciclar. Quanto menos resíduos, melhor;
- b) uma vez gerado o resíduo sólido, a segunda opção deve ser a sua reutilização;
- c) a reciclagem dever ser a terceira opção. Embora ela ajude a conservar as fontes de recursos naturais e reduzir a geração de resíduos, existem custos associados com o processo de sua coleta e de sua reciclagem. Assim, a reciclagem deve ser considerada quando não se pode reduzir ou reutilizar;

- d) finalmente, pode ser possível recuperar materiais ou energia de resíduos que não podem ser reduzidos, reutilizados ou reciclados.

Ficou contatado, tanto do ponto de vista teórico, como do ponto de vista prático, que a gestão progressista na construção civil deveria focar seus esforços principalmente no **R de Redução**, uma vez que a prática de reduzir; seja tempo de produção, custo da obra e utilização de materiais; além de atender os interesses econômicos, atende também os interesses sociais, éticos, demográficos, políticos e ambientais. Ao focar na prática de redução o gestor da empresa de construção civil estará trabalhando em sintonia com o meio ambiente e com a idéia de desenvolvimento sustentável.

A abordagem moderna de quatro erres pode contribuir para que as firmas da construção civil possam minimizar custos, reduzindo principalmente o consumo de resíduos sólidos. A redução no consumo de matéria prima implica diretamente no processo de crescimento com sustentabilidade. Assim, pode-se dizer, tomando como referência a análise empreendida no capítulo precedente que a abordagem de quatro erres, focando principalmente no **R de Redução**, pode contribuir para a implementação de técnicas de gestão moderna no processo de edificação de uma obra e, ainda contribuir com o desenvolvimento sustentável. Ficou evidente na análise do processo de construção do bloco quatro da UNIAMÉRICA que é possível empregar os saberes da ciência e da tecnologia em sintonia com a questão do meio ambiente.

Maximizar resultados na construção civil tem implicações diretamente nas questões de ordem econômica, de ordem social e principalmente nas de ordem ambiental. O caso analisado nessa dissertação aponta que é possível construir reduzindo custos, tempo de produção e naturalmente reduzindo o consumo de materiais sólidos. O caso também aponta que é possível também na construção civil treinar e desenvolver pessoas para que elas possam trabalhar em sintonia com as questões de consumo mínimo, gerar produtos e serviços de qualidade, reduzir o tempo de produção e, compreender a importância da preservação do meio ambiente.

Sabe-se que os recursos naturais comprovadamente são finitos. Assim, pôde-

se perceber que, na edificação do bloco quatro da UNIAMÉRICA se utilizou intensivamente do princípio da redução. Para que o uso desse princípio fosse possível, percebeu-se a utilização de duas equipes de trabalho bem treinadas, trabalhando de modo organizado e bem ordenado em dois turnos de trabalho. O casamento de soluções técnicas com duas equipes bem treinadas permitiu o emprego racional de desenvolvimento e de progresso em sintonia fina com a gestão ambiental.

Pode-se dizer que na construção civil o emprego da abordagem de quatro erres pode significar o progresso com o mínimo de degradação. Na edificação do bloco quatro da UNIAMÉRICA ficou evidenciado que o emprego da tecnologia e a busca constante de novos métodos de trabalho e o emprego intensivo do **R de Redução**; isto é, redução de tempo, redução de materiais, redução de custos; contribuíram maciçamente para o sucesso desse empreendimento. Acredita-se que essa edificação poderia ser utilizada como modelo para o aprimoramento das idéias de desenvolvimento sustentável. Reduzir e reaproveitar no processo de produção ficou patente na análise da construção do bloco quatro da UNIAMÉRICA. Se o progresso da sociedade hodierna direta ou indiretamente tem vínculo com a construção civil, o caso analisado na dissertação indica que a busca continua de melhorias e o uso intensificado da tecnologia pode ser o caminho para o desenvolvimento sustentável.

Se o modo tradicional de construir consome de 20 a 50% dos recursos naturais (SJÖSTRÖM, 1992), o estudo do caso (bloco quatro da UNIAMÉRICA) aponta que o uso conjunto da redução e da reutilização de resíduos sólidos pode ajudar a baixar drasticamente esse percentual, tendo em vista que, ficou constatado que a redução de consumo de materiais e o uso de novas tecnologias contribuíram para uma redução de 40% no custo de produção por metro quadrado.

Sabe-se que, seja na construção civil ou em qualquer outro setor, a inovação tecnológica apresenta risco, entretanto necessário se faz correr alguns riscos tendo em vista a questão de crescimento com responsabilidade social e ambiental. O caso da UNIAMÉRICA aponta o uso de inovações tecnológicas e de pessoal. Estes procedimentos, de acordo com o engenheiro responsável pela edificação, contribuíram para uma redução de mais ou menos 40% por metro quadrado de obra

construída.

Sabe-se que a reciclagem, terceira opção no processo de preservação ambiental, também apresenta alguns riscos, os principais são:

- a) o risco da inovação tecnológica na construção civil;
- b) o risco da própria reciclagem, uma vez que, muitos resíduos sólidos são considerados perigosos pois apresentam elevadas concentrações de espécies químicas.

A NBR 10.004 indica que o entulho de fragmento de tijolos, de concretos e de outros materiais usados na execução de obras geralmente não apresenta riscos de contaminação para a saúde pública e para o meio ambiente, desde que sua utilização e destinação sejam adequadas. O caso da UNIAMÉRICA indica que é possível reduzir a geração de resíduos sólidos aplicando o princípio de redução, paralelamente com o uso de novas tecnologias (laje nível zero, laje nervurada, compensado plastificado, bacião de polipropileno e estruturas metálicas) e o uso de novos padrões de gerenciamento e de execução.

Pôde-se constatar na análise do bloco quatro da UNIAMÉRICA a aplicação multidisciplinar de questões técnicas e gerenciais. Conforme demonstrado nos capítulos precedentes, percebe-se a aplicação conjunta de conceitos de administração, de engenharia, de química, de física e naturalmente o emprego de procedimentos que estiveram em consonância com a questão ambiental.

A abordagem sistêmica tem aplicações em diversos campos do conhecimento. Na indústria da construção civil seu emprego poderá permitir ao gestor uma melhor compreensão das questões que envolvem a edificação de uma obra. É obvio que aqueles que não compreendem a idéia do todo não se preocupem com as conseqüências das partes. Na prática da construção civil tradicional percebe-se a não aplicação dos pressupostos sistêmicos. No caso estudado pôde-se perceber a visão sistêmica sendo aplicada na prática. Pode-se dizer que o modelo de construção do bloco quatro da UNIAMÉRICA serve de modelo para a gestão preventiva.

Na prática observa que a gestão corretiva é responsável pelo desperdício e naturalmente pela geração de entulhos, conforme foi demonstrado no capítulo de

revisão de literatura dessa dissertação.

Outra questão que se pôde constatar é que o crescimento demográfico traz consigo naturalmente a geração de novos resíduos sólidos contribuindo assim para a degradação ambiental. Acredita-se que políticas públicas poderiam amenizar essa situação.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As instruções contidas nas NBRs apresentadas no capítulo dois permitem a implementação da gestão integrada de quatro erres. Constatou-se no caso analisado nessa dissertação a aplicação dos dois primeiros erres, isto é, redução e reutilização. Assim, na construção da dissertação pode-se comprovar empiricamente o emprego do **R** de **Redução** e do **R** de **Reutilização**.

Recomenda-se que pesquisas no campo da construção civil possam:

- a) utilizar-se do referencial teórico apresentado nessa dissertação e desenvolver um estudo de caso que possa constatar o emprego prático do **R** de **Reciclagem**;
- b) construir teoricamente e buscar um estudo de caso para aplicação do **R** de **Recuperação**;
- c) desenvolver outros estudos aplicando, tanto teoricamente, quanto praticamente o gerenciamento preventivo, isto é, o gerenciamento que utiliza a prática dos quatro erres. Ressalta-se que essa prática tem implicações tanto no campo econômico, como nos campos sociais, políticos, éticos e ambientais.

REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, Vahan. Melhor que parece – Entrevista concedida a Simoni Capozzi. **Revista Construção** São Paulo, n. 2686, 6-11, ago./1999.
- ALL that remains: **a survey of waste and the environment**. The Economist, n.29, May 1993.
- ALVES, A. J. O planejamento de pesquisas qualitativas em educação. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 77, mai. 1991.
- ANDRADE, Maria Margarida de. Pesquisa Científica: Noções Introdutórias. In: _____. **Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1997, p. 106.
- ASSIS, João B. S. de. **Bloco intertravado de solo-cimento “Tijolito”** In: WORKSHOP ARQUITETURA DE TERRA, 1995, São Paulo. Anais. São Paulo: NUTAU-FAUUSP, 1995. p.149-162.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas hidráulicas: prática recomendada**. São Paulo, 1989. 8p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais: prática recomendada**. São Paulo, 1988. 8p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos: classificação. 1987.
- _____. **NBR 10832**: Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual: procedimento. 1989.
- _____. **NBR 10833**: Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com a utilização de prensa hidráulica: procedimento. 1989.
- _____. **NBR 10834**: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural: especificação. 1994.
- _____. **NBR 10835**: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural: forma e dimensões: padronização. 1994.
- _____. **NBR 10836**: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural: determinação da resistência à compressão e da absorção de água: método de ensaio, 1994.
- _____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos: determinação do teor de água para obtenção do índice de consistência-padrão: método de ensaio. 1995.
- _____. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos: determinação da retenção de água: método de ensaio. 1995.
- _____. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos: determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado: método de ensaio. 1995.

_____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos: determinação da resistência à compressão: método de ensaio. 1995.

_____. **NBR 13528**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: determinação da resistência de aderência à tração: método de ensaio. 1995.

_____. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas especificação. 1996.

_____. **NBR 7182**: Solo: ensaio de compactação: método de ensaio. 1982.

_____. **NBR 7222**: Argamassas e concretos: determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos: método de ensaio. 1983.

_____. **NBR 8491**: Tijolo maciço de solo-cimento: especificação. 1984.

_____. **NBR 8492**: Tijolos maciços de solo-cimento: determinação da resistência à compressão e da absorção: método de ensaio. 1982.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos: determinação da absorção de água por imersão: índice de vazios e massa específica: método de ensaio. 1987.

_____. **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos: determinação da absorção de água por capilaridade. 1987.

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO - BNH (Brasil). **Tijolos maciços de solo cimento**; fabricação e utilização. Rio de Janeiro, 1985.20 p.

BARRA, Marilda. **Estudio de la durabilidad del hormigón de árido reciclado en su aplicación como hormigón armado**. 1996. Tese (Doutorado) - Escola Técnica Superior de Camins, Canals i Ports, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 1996.

BERNSTEIN, H. **Bridging the globe: creating an international climate and challenges of sustainable design and construction**. Industry and environment, Paris, v. 29, n.2, p. 19-21, abr./jun. 1996.

BONOMA, Thomas V. **Case Research in Marketing**: Opportunities, Problems, and Process. Journal of Marketing Research, Vol XXII, May 1985.

BRASIL, Lei n 9.605 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente**. Revista Saneamento Ambiental, 1998. Suplemento.

BRESSAN, Flávio. O método do estudo de caso. **Administração On Line [on-line]**. FECAP – Fundação Escola de Comercio Álvares Penteado, v. 1, n. 1, p. 1-16, jan./mar. 2000. Disponível em: <http://www.fecap.br/adm_online/art11/flavio.htm>. Acesso em: 03 mai. 2000.

BRUYNE, P., HERMAN, J., SCHOUTHEETE, M. **Dinâmica da pesquisa em ciências sociais**: os pólos da prática metodológica. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.

CALMON, João et al. **Aproveitamento do resíduo de corte de granito para produção de tijolos de solo cimento.** In: ENTAC 98 - QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO, 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: NPC/ECV/CPC/UESC, 1998. p.899-907.

CARNEIRO, Alex P. et al. **Caracterização do entulho de Salvador visando a produção de agregado reciclado.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENTAC 2000 - Modernidade e Sustentabilidade, 7., 2000, Salvador. Anais. Salvador, 2000a.

CARNEIRO, Alex P. et al. **Characterization of C&D waste and processed debris aiming the production of construction materials.** In: CIB SYMPOSIUM ON CONSTRUCTION & ENVIRONMENT - theory into practice, 2000, São Paulo. Anais. São Paulo, 2000b.

CARNEIRO, Alex P. et al. **Construction waste characterization for production of recycled aggregate - Salvador/Brasil.** In: SCIENCE AND ENGINEERING OF RECYCLING FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION, Wascon, 2000. Anais. Leeds, 2000. p.825-835.

CARVALHO, Aldânio R. O. de; POROCA, Jamesson dos S. **Como fazer e usar tijolos prensados de solo estabilizado.** Brasília: IBICT, 1995. 38 p. (Banco de Soluções, 24).

CASSA, José C.; VALOIS, João C.; CARNEIRO, Alex P. Aplicação de uma escória de ferro-cromo como agregado graúdo de concreto de alto desempenho. In: **CONGRESSO ANUAL DA ABM, 53, 1998, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte, 1998.**

CAVALCANTI, C. et al. **Desenvolvimento sustentável: compreensão e princípios de políticas.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA-SBPC, 48, 1996, São Paulo. Anais. São Paulo, 1996. v. 1, p. 15-23.

CAVANI, Gilberto R.; ANTUNES, Rubiane P. N.; JOHN, V. M. **Influência do teor de ar incorporado na trabalhabilidade das argamassas mistas.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2, 1997, Salvador. Anais. Salvador: UFBA/ANTAC, 1997. p.110-119.

CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO (CEPED). **Manual de construção com solo-cimento.** 3. ed. São Paulo: ABCP 1984.147 p.

CINCOTTO, Maria Alba; SILVA, Maria Angélica Covelo; CASCUDO, Helena Carasék. **Argamassa de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio.** São, IPT. 1995. p.118.

COLLINS, R. J. **Increasing the use of recycled aggregates in construction, concrete for environment enhancement and protection.** London: [s. n.], 1996.

CONSTRUCTION and the environment: fact and figures. Industry and environment, Paris, v. 29, n.2, p.2-8, abr./jun. 1996.

CONTE, Antonio Sergio Itri. Chega de perdas – Entrevista concedida a Mariuza Rodrigues. **Revista Construção** São Paulo, n. 2704, 12-15, dez./1999.

FONTES, Lauro B., GOTTSCHALK, Élson BORBA, Gelmirez G. **Produtividade**. Fundação Emílio Edebrecht: Salvador, 1982.

DASILVA, Amarildo Jorge . **Estratégias em organizações cooperativas: o caso da Cotrefal no período de 1964-2000**. Florianópolis, 2001. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001.

DEMO, P. **Metodologia científica em ciências sociais**. São Paulo: Atlas, 1992.

FERRAZJUNIOR, Francisco de A. C. **Equipamentos modernos para a produção de tijolos de terra prensada**. In: WORKSHOP ARQUITETURA DE TERRA, 1995, São Paulo. Anais. São Paulo: NUTAU-FAUUSP, 1995. p.163-179.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1987.

GODOY, Arilda Schmidt. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **RAE – Revista de Administração de Empresas**, FGV - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, mar./abr. 1995.

GOMES, Adailton de Oliveira. **Absorção de água por sucção de baixa pressão**. Salvador: CETA/UFBA, 1999. p.3. (Procedimento CETA, 7/99).

GOMES, Adailton de Oliveira. **Influência dos argilominerais nas propriedades das argamassas de revestimentos em Salvador: uma contribuição à qualidade ambiental**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, 2000. p.215.

GRUPO ESPAÑOL DEL HORMIGÓN (GEHO). **Recomendaciones y manuales técnicos: demolición y reutilización de estructuras de hormigón**. Madri, 1997. 159p.

HAMASSAKI, L. T; SBRIGHI NETO, C.; FLORINDO, M. **Uso do entulho como agregado para argamassas de alvenaria**. In: WORKSHOP SOBRE RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO, 1996, São Paulo. Anais. São Paulo, 1996. p. 107-115.

HENDRIKS, C. F. **Application of aggregates out of construction: and demolition waste in road constructions and concrete**. In: CIB WORLD BUILDING CONGRESS CONSTRUCTION AND ENVIRONMENT, 1998, Gaule Sweden. Anais. Gaule Sweden, 1998.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Utilização de blocos vazados de solo-cimento na construção de habitações**. 2. ed. atual. Rio de janeiro: BNH, 1985, 51 p.

INTERNATIONAL CONCIL FOR RESEACH AND INOVATION IN BULDING AND CONSTRUCTION (CIB). Agenda 21 para construção sustentável. Tradução do Relatório CIB. São Paulo: CIB PCC USP, 2000. (Report Publication 237).

JOHN, V M. **Novas tecnologias para a construção habitacional**. In: SIMPÓSIO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2, 1995, Bauru. Anais. Bauru, 1995b. p.108-113.

- JOHN, V. M. **Avaliação da vida útil de materiais, componentes e edifícios.** 1987. 130f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987.
- JOHN, V. M. **Cimentos de escória ativada com silicatos de sódio.** 1995. 200f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995a.
- JOHN, V. M. **Custos de manutenção.** In: SEMINÁRIO SOBRE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS ESCOLAS, POSTOS DE SAÚDE, PREFEITURA E PRÉDIOS PÚBLICOS EM GERAL, 1988, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre, 1988. v.1, p.32-51.
- JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** 2000. 120f. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- JOHN, V. M.; KRAAYENBRINK, E. A.; VAN WAMELEN, J. **Upgradeability: and added dimension to performance evaluation.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM APPLICATIONS OF THE PERFORMANCE CONCEPT IN BUILDING, 1996, Tel Aviv. Proceedings. Tel Aviv: CIB, 1996.
- KELLY, K.; WILLIAMS, P. **Spinning waste into gold in construction.** ENR, Engineering News Record, v.234, n.16, p. E. 32, 34, 37, 1995.
- KILBERT, C. **Establishing principles and a model for sustainable construction.** In: CIB TG 16 SUSTAINABLE CONSTRUCTION, 1994, Tampa, Florida. Proceedings. Tampa, Florida, 1994. p. 3-12.
- LAMBERTS, R.; WESTPHAL, F. **Energy Efficiency in Buildings in Brazil.** In: CONSTRUCTION AND ENVIRONMENT: THEORY AND PRACTICE, 2000, São Paulo. Anais. São Paulo: CIB PCC USP, 2000. 1 CD.
- LAURITZEN, E. K. **Economic and environmental benefits of recycling waste from the construction and demolition of buildings.** Industry and Environment, Paris, v. 17, n.2, abr./jun. 1994. p. 26-31.
- LEVY, Salomon. **Reciclagem do entulho de construção civil para utilização como agregado de argamassas e concretos.** 1997. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. p.143.
- LIMA, José Antonio Ribeiro de. **Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos.** 1999. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999a.
- MAFFEI, C. A. A. **Casas baratas ou casas de baixo custo?** Técnica, São Paulo, n. 1. p.24-25, nov./dez., 1992. (Habitação).
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- MAUÉS, Luiz Maurício Furtado. **Metodologia de organização interna e melhoria do processo produtivo em centrais de montagens de componentes: um estudo de caso.** Florianópolis, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e

Sistemas) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

MAWAKDIYE, Alberto. Menos com mais: Produtividade nos canteiros ainda é baixa. **Revista Construção** São Paulo, n. 2680, 16-19, jun./1999.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 1997.

MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosembach. **Estudo dos fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MORAES, Maria Teresa Rodrigues de. **Indústria da construção no Brasil: a utilização da força de trabalho no processo de produção**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (VIII: 1988: São Carlos). **Anais**. São Carlos, SP: EESC-USP, 1988.

NEVES, Célia M. M. **Habitação e saneamento com materiais alternativos**. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA HABITAÇÃO E SANEAMENTO, 1987, Olinda. **Anais**. Brasília: MHU/PNUD, 1988. p. 273-282.

NEVES, Célia M. M. **Inovações tecnológicas em construção com terra: o solo-cimento**. In: ENTAC 93 - AVANÇO EM TECNOLOGIA E GESTÃO DA PRODUÇÃO DE EDIFICAÇÕES, 1993, São Paulo. **Anais**. São Paulo: EPUSP/ANTAC, 1993. p. 221-230.

NEVES, Célia M. M. **Tijolos de solo-cimento**. In: DEZ ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA HABITAÇÃO. Brasília: MINTER/PNUD, 1989. p.14-166.

NEVES, Célia; MACIEL, Luciana. **Determinação da dureza superficial do revestimento de argamassa**. Salvador: CETA/UFBA, 1998b. p.3. (Procedimento CETA, 6/98).

PERA, Jean. **Use of waste materials in construction in Western Europe**. In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1996, São Paulo. **Anais**. São Paulo: Departamento de Engenharia Civil, PUC / USP, 1996.

PINTO, T. P. **De volta à questão do desperdício**. **Construção**, São Paulo, n. 2491, p. 18-19, nov. 1995.

PINTO, T. P. **Manual de uso dos resíduos de construção reciclados**. São Paulo: I & T, 1998.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. 189 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PINTO, T. P. **Resultados da gestão diferenciada**. **Téchne**, São Paulo, n. 31. p. 31-34, nov./dez., 1997.

PINTO, T. P. **Resultados da gestão diferenciada**. **Téchne**, São Paulo, n. 31. p. 31-34, nov./dez., 1997. (Reciclagem).

PINTO, T. P. **Utilização de resíduos de construção: estudo do uso em argamassas**. 1986. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Arquitetura e Planejamento da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

PROPOSAL TO EUROPEAN COMMUNITY BRITE EURAM PROGRAM (ENBRI). **Development of a framework for environmental assessment of building materials and components**. [s.1], 1994. Texto mimeografado.

RÉUNION INTERNATIONALE DES LABORATORIES D'ESSAIS ET DE RECHERCHES SUR LES MATÉRIAUX ET LES CONSTRUCTIONS (RILEM). Technical Committee 121 - DRG. **Recommentation for concrete wttth recycled aggregates**. [s. 1]: s. n.], 1994.

RICHARDSON, Robert Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. Colaboradores José Augusto de Souza Peres *et al.*, 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1999.

SCHMITT, Carin Maria; FORMOSO, Carlos Torres; MOLIN, Denise Dal; BONIN, Luís Carlos. O desenvolvimento da qualidade e da produtividade da indústria da construção civil no Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (XII: 1992: São Paulo) **Anais**. São Paulo, SP: Universidade Paulista, 1992.

SILVA, Antônio S. R. da et al. **Argamassa inorgânica com o emprego de entulho reciclado**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2, 1997, Salvador. Anais. Salvador: UFBA/ANTAC, 1997. p. 203-206.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2000, 118 p.

SJÖSTRÖM, C. **Durability and sustainable use of building materials**. In: LLEWELLYN, J. W.; DAVIES, H. (Ed.). Sustainable use of materials. London: BRE/RILEM, 1992.

SMITH, Elizabeth A. **Manual da produtividade: métodos e atividades para envolver os funcionários na melhoria da produtividade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de; AGOPYAN, Vahan. Os números que faltavam. **Revista Qualidade na Construção**, 1999, p. 14-20.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. Pesquisa Qualitativa. In: _____. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987, p. 116-175.

UDAETA, M. E. M.; KANAYAMA, P. H. **A conservação de energia elétrica a partir da reciclagem de lixo**. In SEMINÁRIO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS, 1997, Vitória. Anais. Vitória: ABM, 1997. p. 215-232.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 1997.

WATANABE, Mário. **O desafio de privatizar a moradia popular**. Qualidade na construção, São Paulo, n. 22, p.12-20, 2000. (Habitação).

ZORDAN, Sérgio Eduardo. **A utilização do entulho como agregado na confecção**

do concreto. 1997. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

ANEXOS

Anexo A: Principais Fornecedores Obra Bloco Quatro

Empresa	Fone	Contato	Produto
Central Aço Materiais de Construção	45 522-6690	Helio	Aço
Betonbras Concreto	45 577-8181	Israel	Concreto
Foztubos Materiais de Construção	45 522-1557	Nei	Tijolos
Brasfoz Com de Materiais de Const.	45 524-3434		Cimento
Luiz Sbardelini Neto & Cia Ltda	45 524-5561	Luiz	Aluguel de máquinas p/ execução piso, concreto e fibras
Fungeo Fundações	45 324-6102		Fundações
Atex do Brasil Locações	31 36813611		Locação de Formas
Rio Sul Vidros	45 573-3370		Vidros
Moveis Cataratas	45 573-4375	Darci	Portas
Boldrini E Cia Ltda	45 528-8130	Ademir	Material elétrico
Maracanã Materiais Elétricos	45 572-3131	Jorge	Mão-de-obra elétrica e material
S.S Vasconcelos - Fozmetal	45 524-1133	Marco	Grades e janelas
Orpec Engenharia	41 2643111		Locação de escoramento
Pedreira Itatipa	45 2621146	Reinaldo	Pedra e areia
Matte Com de Pre-moldados	45 526-3456		Vigas e pré-lages

Anexo B: Custo total da edificação do bloco quatro da UNIAMÉRICA

Lançamentos referente Folha de Pagamento - Obra

Bloco 04	Débito	Crédito	Hist.	func 68
Salários				24.410,73
Férias Norm. + 1/3				-
Aviso Prévio Inden				508,11
Restituição Desc. Ind.				-
Férias Indeniz				147,37
13º Salário				110,47
Total				25.176,68
INSS Retido				1.897,33
INSS Retido 13º				8,44
IRRF				-
Val Transp				981,61
Refeições				-
Atrasos/Faltas				112,17
Desc Arredond				-
Contrib Sindical				-
Salário Família				64,66
Salário Maternidade				-
Contrib. Confederativa				307,16
Desc. Ind. S/INSS				-
Arredondamento				27,90
Base cálculo INSS	28,80%			24.316,47
INSS Empresa				7.003,14
Base FGTS	8,50%			24.316,47
FGTS				2.066,90
Multa FGTS				42,39
Desconto Adiant				-

Rescisões	Data	GRFC	Valor
Abel Omar Briones Henriques	15-jan-04	23,62	378,66
Lourenço Queiroz	15-jan-04	6,78	325,60
Raul Omar Brones Henríquez	15-jan-04	23,96	387,91
Eduardo Pollom	27-jan-04	-	250,12
Total		54,36	1.342,29
RPA - Pro-labore	Data	Pgto.	Valor
Francisco Leite de Souza	16-jan-04		60,00
Total			60,00

Lançamentos ref. Folha de Pagamento - Obra				fev/04
Bloco 04	Débito	Crédito	Hist.	Func. 64
Salários				54.727,92
Férias Norm. + 1/3				-
Aviso Prévio Inden				-
Desconto Indevido Faltas				78,72
Férias Indeniz.				1.960,50
13 Salário				1.653,35
				58.420,49
INSS Retido				5.084,92
INSS Retido 13				126,34
IRRF				286,64
Val Transp				1.422,18
Refeições				-
Atrasos/Faltas				714,53
Desc Arredond				40,41
Contrib Sindical				-
Sal Família				26,96
Sal Maternidade				-
Contrib. Confederativa				334,24
Desc. Ind. S/INSS				-
Arredondamento				31,01
Base cálculo INSS	28,80%			55.687,49
INSS Empresa				16.038,00
Base FGTS	8,50%			55.687,49
FGTS				4.733,44
Multa FGTS				42,39
Desconto Adiant				8.120,00

Rescisões	Data	GRFC	Valor
Manoel Alves Meres	4-fev-04	-	140,26
Adiomar Ribeiro dos Santos	6-fev-04	59,32	661,59
Antonio Carlos Pio	7-fev-04	19,10	247,28
Jederson Camargo Evangelista	7-fev-04	51,61	496,65
Jose Roberto da Silva	8-fev-04	64,32	680,33
Vilmar Nicolau Munis	8-fev-04	15,27	164,65
Dorival Rodrigues		-	493,14
João Francisco de Almeida		44,44	622,84
Vanderlei Spincel da Silva		21,48	316,45
Francisco Assis Silva		51,34	668,86
Reinaldo Juventino		9,21	177,00
Angelo Leme		69,63	873,73
Genival Ferreira Gonçalves		-	272,65
Yraja Nepomoceno Cabral		-	376,97
Alberto de Araújo		52,20	701,23
João Vilson Mendes		55,87	748,31
Luiz Prado		72,90	971,99
Paulo Cardoso		47,30	639,03
Paulo Nadalette		62,42	836,57
Vanderlei Ribeiro		47,21	622,71
Vilmar de Oliveira Arnold		82,75	1.099,19
Valdevino de Oliveira		76,36	820,45
Wagno Bela Guarda		61,76	636,50
Andre Fagundes		47,60	463,31
Total			13.731,69
RPA - Pro-labore	Data	Pgto	Valor
Angelo Menegassi			1.266,55
Marcio Menegassi			1.349,20
Total			2.615,75

Lançamentos ref. Folha de Pagamento - Obra				mar/04
Bloco 04	Débito	Crédito	Hist.	func 40
Salários				30.944,32
Férias Norm. + 1/3				-
Aviso Prévio Inden.				777,13
Desconto Indevido Faltas				-
Férias Indeniz.				546,97
13 Salário				305,22
				32.573,64
INSS Retido				2.643,99
INSS Retido 13				23,34
IRRF				32,97
Vale Transporte				1.185,91
Refeições				-
Atrasos/Faltas				287,31
Desc Arredond.				16,99
Contrib Sindical				630,41
Sal. Família				-
Sal. Maternidade				-
Contrib. Confederativa				349,47
Desc. Ind. S/INSS				-
Arredondamento				16,70
Base cálculo INSS	28,80%			30.945,53
INSS Empresa				8.912,31
Base FGTS	8,50%			30.945,53
FGTS				2.630,37
Multa FGTS				101,58
Desconto Adiant				7.586,00

Rescisões	Data	GRFC	Valor
Pedro de Jesus da Silva	8-mar-04	14,40	324,50
Jose Moises Alves da Cruz	12-mar-04	173,75	1.816,99
Valdemar Alves de Araújo	21-mar-04	5,53	146,76
Total		193,68	2.288,25
RPA - Pro-labore	Data	Pgto	Valor
Angelo Menegassi	10-fev-04		1.266,55
Marcio Menegassi	10-fev-04		1.349,20
Total			2.615,75

Lançamentos ref. Folha de Pagamento - Obra				abr/04
Bloco 04	Débito	Crédito	Hist	func 27
Salários				11.482,11
Férias Norm. + 1/3				-
Aviso Prévio Inden.				-
Desconto Indevido Faltas				-
Férias Indeniz				2.314,50
13 Salário				1.780,82
				15.577,43
INSS Retido				839,87
INSS Retido 13				136,19
IRRF				-
Val Transp				660,37
Refeições				-
Atrasos/Faltas				437,72
Desc Arredond				12,97
Contrib Sindical				-
Sal Familia				54,36
Sal Maternidade				
Contrib. Confederativa				168,26
Desc. Ind. S/INSS				-
Arredondamento				9,79
Base cálculo INSS	28,80%			12.761,06
INSS Empresa				3.675,19
Base FGTS	8,50%			12.761,06
FGTS				1.084,69
Multa FGTS				-
Desconto Adiant				3.802,00

Obra	Débito	Crédito	Hist.	func 10
Salários				4.981,61
Férias Norm. + 1/3				-
Aviso Prévio Inden				-
Restituição Desc. Ind.				-
Férias Pecuniárias				-
13 Salário				-
				4.981,61
INSS Retido				374,20
INSS Retido 13				-
IRRF				-
Val Transp				296,30
Refeições				-
Atrasos/Faltas				56,08
Desc Arredond				3,68
Contrib Sindical				-
Sal Familia				26,96
Sal Maternidade				-
Reversão Sal.				-
Desc. Ind. S/INSS				-
Arredondamento				6,52
Base cálculo INSS	28,80%			4.892,05
INSS Empresa				1.408,91
Base FGTS	8,50%			4.892,05
FGTS				415,82
Multa FGTS				-
Desconto Adiant				1.980,00

Rescisões	Data	GRFC	Valor
Fernandes Rosa de Oliveira	6-abr-04	25,22	560,91
Gilmar da Silva Rodrigues	6-abr-04	-	35,93
Valdir Antonio Broda	7-abr-04	22,83	1.313,70
Jose Valmir Broda	11-abr-04	19,37	756,47
Everaldo Franco	18-abr-04	17,85	535,65
Jose Venite	18-abr-04	30,29	865,98
Neri Nadalette	19-abr-04	31,98	823,06
Plinio Jereias Neto	19-abr-04	21,27	574,35
Total		168,81	5.466,05

ARTEFATOS METÁLICOS NARDI LTDA..	13.220,00	13.220,00
KLICK ENGENHARIA ELÉTRICA LTDA.	2.580,00	15.800,00
MARACANA MAT ELÉTRICOS LTDA. FLAME	7.980,00	23.780,00
ZTM ELETRICIDADE LTDA. – ENERLUZ	4.449,24	28.229,24
CONFASE ENGENHARIA LTDA.	3.511,41	31.740,65
ESCRITÓRIO TÉCNICO FEITOSA E CRUZ SC LTDA.	2.500,00	34.240,65
TAPEPORA CONSTRUTORA LTDA.	4.385,90	38.626,55
ENERFOZ COM DE MAT ELÉTRICOS LTDA.	925,24	39.578,79
ENERFOZ COM DE MAT ELÉTRICOS LTDA.	10.628,72	50.207,51
ENERFOZ COM DE MAT ELÉTRICOS LTDA.	8.695,35	58.902,86
ENERFOZ COM DE MAT ELÉTRICOS LTDA.	821,72	59.724,58
CENTRAL AÇO MAT CONSTRUÇÃO LTDA.	7.113,00	66.837,58
KLICK ENGENHARIA ELÉTRICA LTDA.	3.010,00	69.847,58
TAPEPORA CONSTRUTORA LTDA.	29.542,40	99.389,98
TAPEPORA CONSTRUTORA LTDA.	16.345,90	115.735,88
TAPEPORA CONSTRUTORA LTDA.	16.111,70	131.847,58
CENTRAL AÇO MAT CONSTRUÇÃO LTDA.	2.615,00	134.462,58
SAROLLI & CIA LTDA.	5.925,00	140.387,58
BORDIN MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	226,33	140.613,91
BETONBRAS CONCRETO LTDA.	4.933,11	145.547,02
BETONBRAS CONCRETO LTDA.	16.269,39	161.816,41
CENTRAL AÇO MAT CONSTRUÇÃO LTDA.	8.208,00	170.024,41
FOZTUBOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	1.616,70	171.641,11
BORDIN MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	107,92	171.749,03
FOZTUBOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	769,00	172.518,03
BORDIN MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	566,60	173.084,63
TARIEL TRANSPORTES LTDA.	2.050,00	175.134,63
DACAR TRANSPORTES LTDA.	2.378,05	177.512,68
ESCRITÓRIO TÉCNICO FEITOSA E CRUZ SC LTDA.	2.500,00	180.012,68
CENTRAL AÇO MAT CONSTRUÇÃO LTDA.	40.000,00	220.012,68
EQUIPO COM EQUIP PROT INCEN LTDA.	1.321,50	221.334,18
KLICK ENGENHARIA ELÉTRICA LTDA.	246,70	221.580,88
COMERCIAL DESTRO LTDA.	101,89	221.682,77
LIVRARIA E PAPELARIA LTDA.	79,17	221.761,94
AGRO-PECUÁRIA FOZ DO IGUAÇU LTDA.	100,00	221.861,94
PAULO CESAR GRZEBIELUCKAS	230,00	222.091,94
EQUIPO COM EQUIP PROT INCEN LTDA.	799,00	222.890,94
AGRO-PECUÁRIA FOZ DO IGUAÇU LTDA.	38,50	222.929,44
INES C BALZAN & CIA LTDA. - WALEKAL	204,00	223.133,44
CENTRAL AÇO MAT CONSTRUÇÃO LTDA.	13.376,16	236.509,60
CLOVER EQUIP. P/ ESCRITÓRIO LTDA.	68,00	236.577,60
FRANCISCO LEITE DE SOUZA	60,00	236.637,60
ZT LIVRARIA E PAPELARIA LTDA.	294,78	236.932,38
BRASFOZ COM DE MAT DE CONSTR LTDA.	1.850,00	238.782,38
ZT LIVRARIA E PAPELARIA LTDA.	138,72	238.921,10
BORDIN MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	210,86	239.131,96
EQUIPO COM EQUIP PROT INCEN LTDA.	355,50	239.487,46
CONSTRUPLAC COM GESSO ACARTONADO LTDA.	14.157,00	253.644,46
HAUS TRANSPORTES LTDA.	500,00	254.144,46
FUNGEO FUNDAÇÕES E GEOLOGIA LTDA.	13.040,10	267.184,46
SOC EXP LAMINAS MAD SELMA LTDA.	360,00	267.544,46
BOLDRINI & CIA LTDA. - ELETROMIL	4.228,68	271.773,14
BOLDRINI & CIA LTDA. - ELETROMIL	3.682,92	275.456,06
BOLDRINI & CIA LTDA. - ELETROMIL	6.131,59	281.587,65
BOLDRINI & CIA LTDA. – ELETROMIL	1.354,42	282.942,07
NOVA GUAIRA TRANSPORTES LTDA.	20,30	282.962,37

HAUS TRANSPORTES LTDA.	64,00	283.026,37
FOZTUBOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	2.194,35	285.220,72
BOLDRINI & CIA LTDA. - ELETROMIL	3.512,52	288.733,24
BOLDRINI & CIA LTDA. - ELETROMIL	400,77	289.134,01
SORIANI & OLIVEIRA IND COM ART PLAS	168,00	289.302,01
AGRO-PECUÁRIA FOZ DO IGUAÇU LTDA.	168,40	289.470,41
JACQUEMIN & CIA LTDA..	157,00	289.627,41
LUIZ SBARDELINI NETO & CIA LTDA.	5.784,00	295.411,41
LUIZ SBARDELINI NETO & CIA LTDA.	3.216,00	298.627,41
INES C BALZAN & CIA LTDA. - WALEKAL	102,00	298.729,41
ZT LIVRARIA E PAPELARIA LTDA.	50,04	298.779,45
CENTRAL AÇO MAT CONSTRUÇÃO LTDA.	49.400,00	348.179,45
IMPERMIX COM MAT CONSTR LTDA.	315,00	348.494,45
SULAMERICANA TRANSPORTES LTDA.	32,64	348.527,09
BRASFOZ COM DE MAT DE CONSTR LTDA.	925,00	349.452,09
EQUIPO COM EQUIP PROT INCEN LTDA.	269,00	349.721,09
COMERCIAL DESTRO LTDA. FILIAL 3	807,80	350.528,89
SULAMERICANA TRANSPORTES	31,04	350.559,93
PULCINELLI & PULCINELLI LTDA..	278,40	350.838,33
BORDIN MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	148,79	350.987,12
ABRAMAQ COM REPRES ABRAS E MAQ LTDA.	272,95	351.260,07
C N B ELETRO ELETRÔNICOS LTDA.	620,00	351.880,07
EXTRATO SEGURO FUNCIONÁRIOS OBRA AP 6000-6	465,43	352.345,50
PLACAVEL COM DE COMPENSADOS LTDA.	3.477,90	355.823,40
EQUIPO COM EQUIP PROT INCEN LTDA.	278,00	356.101,40
SOC EXP LAMINAS MAD SELMA LTDA.	480,00	356.581,40
INES C 8ALZAN & CIA LTDA. - WALEKAL	102,00	356.683,40
LIVRARIA E PAPELARIA LTDA.	242,36	356.925,76
BORDIN MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	1.273,95	358.199,71
TUCURUI COM E REPRES LTDA.	132,50	358.332,21
EQUIPO COM EQUIP PROT INCEN LTDA.	138,75	358.470,96
BORDIN MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	208,19	358.679,15
LUIZ MELLA & CIA LTDA.	581,15	359.260,30
AVENIDA 25 MAT DE CONSTR LTDA. - LOS	312,01	359.572,31
AGRO-PECUÁRIA FOZ DO IGUAÇU LTDA.	28,00	359.600,31
KLICK ENGENHARIA ELÉTRICA LTDA.	3.010,00	362.610,31
DURAZZO & DURAZZO LTDA..	758,00	363.368,31
DURAZZO & DURAZZO LTDA..	258,50	363.626,81
CASA DAS FRESAS FOZ LTDA.	231,80	363.858,61
BETONBRAS CONCRETO LTDA.	49.280,87	413.139,48
BETONBRAS CONCRETO LTDA.	4.867,50	418.006,98
DURAZZO & DURAZZO LTDA..	553,00	418.559,98
BETONBRAS CONCRETO LTDA.	1.755,00	420.314,98
BETONBRAS CONCRETO LTDA.	36.481,00	456.795,98
BETONBRAS CONCRETO LTDA.	12.408,00	469.203,98
ATEX DO BRASIL LTDA. LOCAÇÃO EQUIPAMENTOS	5.344,50	481.267,98
D. BERTOLDI TRANSPORTES LTDA.	135,00	481.402,98
INES C BALZAN & CIA LTDA. - WALEKAL	102,00	481.504,98
CENTRAL AÇO MAT CONSTRUÇÃO LTDA.	49.200,00	530.704,98
FOZTUBOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	22.000,00	552.704,98
RIO SUL VIDROS E MAT CONSTR LTDA.	6.000,00	558.704,98
BRASFOZ COM DE MAT DE CONSTR LTDA.	925,00	559.629,98
FOZTUBOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	4.330,70	563.960,68
JOÃO CARLOS MASS	230,00	564.190,68
BRASFOZ COM DE MAT DE CONSTR LTDA.	925,00	565.115,68
PEDREIRA ITATIBA LTDA.	2.695,00	567.810,68
PEDREIRA ITATIBA LTDA.	2.191,50	570.002,18

LUIZ SBARDELINI NETO & CIA LTDA.	3.156,00	573.158,18
NAUS TRANSPORTES LTDA.	400,00	573.558,18
BORDIN MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	498,39	574.056,57
MOVEIS CATARATAS LTDA.	6.043,56	580.100,13
LUIZ SBARDELINI NETO & CIA LTDA.	2.544,00	582.644,13
ZT LIVRARIA E PAPELARIA LTDA.	325,75	582.969,88
MANOEL ANTONIO WALTRICK – ALUMÍNIO IGUAÇU	35,00	583.004,88
MANOEL ANTONIO WALTRICK – BORDIN	49,36	583.054,24
MANOEL ANTONIO WALTRICK – BORDIN	32,56	583.086,80
BRASFOZ COM DE MAT DE CONSTR LTDA.	925,00	584.011,80
ABRAMAQ COM REPRES ABRAS E MAQ LTDA.	83,92	584.095,72
KLICK ENGENHARIA ELÉTRICA LTDA.	901,99	584.997,71
BORDIN MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	82,62	585.080,33
BORDIN MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	63,34	585.143,67
TAPEPORA CONSTRUTORA LTDA.	5.708,00	590.851,67
VETORTECH CONSTRUTORA LTDA.	6.000,00	596.851,67
ABRAMAQ COM REPRES ABRAS E MAQ LTDA.	126,38	596.978,05
ARTE TINTAS COM DE TINTAS LTDA.	1.023,12	598.001,17
LEVI JONAS ENGELAGE	490,00	598.491,17
BRASFOZ COM DE MAT DE CONSTR LTDA.	925,00	599.416,17
CONSTRUPLAC COM GESSO ACARTONADO LTDA.	250,00	599.666,17
ABRAMAQ COM REPRES ABRAS E MAQ LTDA.	114,40	599.780,57
PULCINELLI & PULCINELLI LTDA..	82,44	599.863,01
FOZ TINTAS COMERCIAL DE TINTAS LTDA.	1.847,00	601.710,01
ORPEC ENGENHARIA IND E COM LTDA.	5.540,70	607.250,71
INES C BALZAN & CIA LTTIA - WALEKAL	102,00	607.352,71
FOZ TINTAS COMERCIAL DE TINTAS LTDA.	908,00	608.260,71
I. S. MENEGASSI & CIA LTDA.	3.300,00	611.560,71
S. S. VASCONCELOS & VASCONCELOS LTDA. ME	1.877,00	613.437,71
LUIZ SBARDELINI NETO & CIA LTDA.	3.156,00	616.593,71
INES C BALZAN & CIA LTDA. – WALEKAL	204,00	616.797,71
LUIZ SBARDELINI NETO & CIA LTDA.	2.544,00	619.341,71
EQUIPO COM EQUIP PROT INCEN LTDA.	121,40	619.463,11
MATTE IND COM DE PRE-MOLDADOS EM CO	628,98	620.092,09
MATE IND COM DE PRE-MOLDADOS EM CO	2.371,72	622.463,81
S. S. VASCONCELOS & VASCONCELOS LTDA.	27.123,00	649.586,81
ESCRITÓRIO TÉCNICO FEITOSA E CRUZ SC LTDA.	2.500,00	652.086,81
CLAUDIO FRANCISCO DE ASSIS	732,65	652.819,46
MARCIO MENEGASSI	1.349,20	654.168,66
ANGELO LUIZ MENEGASSO	1.266,55	655.435,21
PULCINELLI & PULCINELLI LTDA..	84,38	655.519,59
MARACANA MAT ELÉTRICOS LTDA. - FLAME	9.000,00	664.519,59
MARACANA MAT ELÉTRICOS LTDA. - FLAME	9.000,00	673.519,59
PULCINELLI & PULCINELLI LTDA..	227,88	673.747,47
CONFASE ENGENHARIA LTDA.	368,78	674.116,25
DURAZZO & DURAZZO LTDA..	187,20	674.303,45
DURAZZO & DURAZZO LTDA..	205,00	674.508,45
ABRAMAQ COM REPRES ABRAS E MAQ LTDA.	86,15	674.594,60
ABRAMAQ COM REPRES ABRAS E MAQ LTDA.	88,82	674.683,42
FOZTUBOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	12.673,41	687.356,83
MANOEL ANTONIO WALTRICK	488,00	687.844,83
BRASFOZ COM DE MAT DE CONSTR LTDA.	1.480,00	689.324,83
COMERCIAL DESTRO LTDA.	157,92	689.482,75
DURAZZO & DURAZZO LTDA..	65,00	689.547,75
BORDIN MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	88,00	689.635,75
TARIEL TRANSPORTES LTDA.	1.850,00	691.485,75
DURAZZO & DURAZZO LTDA..	298,00	691.783,75

ORPEC ENGENHARIA IND O COM LTDA.	1.662,21	693.445,96
DURAZZO & DURAZZO LTDA..	182,50	693.628,46
ABRAMAQ COM REPRES ABRAS E MAQ LTDA.	140,00	693.768,46
BRASFOZ COM DE MAT DE CONSTR LTDA.	925,00	694.693,46
ARTE TINTAS COM DE TINTAS LTDA.	193,74	694.887,20
RIO SUL VIDROS E MAT CONSTR LTDA.	135,00	695.022,20
CENTRAL AÇO MAT CONSTRUÇÃO LTDA.	6.319,00	701.341,20
INES C BALZAN & CIA LTDA. – WALEKAL	204,00	701.545,20
PULCINELLI & PULCINELLI LTDA..	153,62	701.698,82
BORDIN MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA.	165,42	701.864,24
TRANSLUC	31,83	701.896,07
BRASFOZ COM DE MAT DE CONSTR LTDA.	248,00	702.144,07
ENERGIA - TAPEPORA - OBRA	336,76	702.480,83
IMPERMIX COM MAT CONSTR LTDA.	508,80	702.989,63
DACAR TRANSPORTES LTDA.	2.386,37	705.376,00
DACAR TRANSPORTES LTDA.	450,00	705.826,00
BETONBRAS CONCRETO LTDA.	54.261,95	760.087,95
BETONBRAS CONCRETO LTDA.	3.765,00	763.852,95