

Desenho de um novo mundo material: uma proposição de processos integrados e de aprendizagem

Design a new material world: a proposition of integrated and learning processes

Debora Barauna, Dra., Universidade Federal do Paraná - UFPR

debora.barauna1@gmail.com

Daton Luiz Razera, Dr., Universidade Federal do Paraná. - UFPR

daltonrazera@ufpr.br

Resumo

Entre o Século 20 e 21, com a compreensão dos limites do planeta, novos pensamentos, conceitos e processos passaram a ser requeridos na relação entre as atividades humanas e os recursos materiais. Assim, diante da realidade pós-industrial, este estudo apresenta uma problematização acerca do desenho de um novo mundo material, a fim de discutir e propor uma solução possível de contribuir com esse cenário. Como solução, inicialmente, encontrada, um processo guiado pelo design foi proposto para orientar a concepção e o desenvolvimento de projetos sustentáveis e integrados de pesquisa, desenvolvimento e inovação entre materiais, tecnologias e produtos. Contudo, para que essa solução fosse efetiva, percebeu-se que, antes, seria essencial preparar as pessoas para esse processo, considerando o desenvolvimento de competências e a proposição da solução como um processo de múltiplas aprendizagens. Já que a inovação guiada pelo design requer múltiplas capacidades e os indivíduos aprendem de múltiplas maneiras.

Palavras-chave: Design de materiais; Sustentabilidade; Metadesign; Inovação de significado; Transdisciplinaridade

Abstract

Between the 20th and 21st centuries, with understanding the limits of the planet, new thoughts, concepts, and processes were required in the relationship between human activities and material resources. Thus, considering the post-industrial reality, this study presents a problematization about the design of a new material world, with the aim of discussing and proposing a possible solution of contribute to this scenario. As a solution initially found a process guided by design was proposed with the purpose of contributing to the conception and development of sustainable and integrated research, development and innovation projects among materials, technologies and products. However, in order for this solution to be effective, it was realized that, before, it would be essential to prepare people for this process, considering the development of skills and proposing

the solution as a process of multiple learning. Since design driven innovation requires multiple capabilities and individuals learn in multiple ways.

Keywords: *Design of materials; Sustainability; Metadesign; Innovation of meaning; Transdisciplinarity*

1. Introdução

Este é um estudo de problematização, em que são destacados pontos-chave que foram determinantes para a definição do problema e da solução de pesquisa de uma tese de doutorado defendida, junto ao Programa de Pós-Graduação em Design da UFPR.

Considerando um estudo de abordagem sistêmica, a realidade ampla observada foi a sociedade pós-industrial e as suas novas proposições de interação entre as atividades humanas e a natureza. Nessa discussão, a natureza é caracterizada como o mundo material, aquele em que o ser humano vive e é dependente.

Dentro deste contexto, o conceito de desenho de um novo mundo material é problematizado. Questiona-se, inicialmente, como projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) entre materiais, tecnologias e produtos poderia ser guiado pelo design, a fim de contribuir com o cenário determinado. Preliminarmente, um processo integrado é proposto e concebido como solução. Todavia, ainda, neste estudo, esta solução é problematizada e nova proposição é realizada, com a compreensão da questão essencial do estudo, em que o desenvolvimento de pessoas passa a ser ponderado com a construção de um processo de múltiplas aprendizagens.

Assim, o objetivo deste estudo foi discutir a relação de concepção e desenvolvimento entre materiais, tecnologias e produtos, a fim de propor uma solução possível para desenho de um novo mundo material, pós industrial. A problematização foi então o método de pesquisa empregado para isto, conforme apresenta-se a seguir.

2. Método de pesquisa

O método de problematização, aplicada neste estudo, baseia-se na observação, teorização e reflexão sobre o mundo real, para identificar pontos-chave de um problema, os quais se modificados, possivelmente, resultariam na solução para o problema, com isso hipóteses ou proposições são geradas para a solução (BORDENAVE e PEREIRA, 2004). Para tanto, dados foram coletados e analisados até a definição das proposições de solução do estudo.

A coleta de dados ocorreu por meio de uma **pesquisa bibliográfica e documental** realizada via serviços amplos de busca de dados como o Google Acadêmico e o Portal de Periódicos da CAPES. Primeiro foram realizadas pesquisas abertas (assistemática) e em seguida, a partir de um conjunto de trabalhos filtrados, foram efetuadas buscas por referências cruzadas, ampliando a qualidade dos achados e delimitando os autores principais do estudo. Os trabalhos filtrados para a análise dos dados constituíram-se,

principalmente, de publicações revisadas por pares, como livros, dissertações, teses e artigos científicos, além de sites, relatórios, etc.

Já a análise dos dados foi realizada por meio da técnica de **análise de conteúdo**, do tipo temática, para a seleção e interpretação dos dados pertinentes ao estudo. Essa técnica considera a noção de tema e comporta uma profusão de relações por meio de afirmações a respeito de um determinado assunto (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

A partir da análise dos dados, a realidade do estudo foi conhecida, permitindo a reflexão da tomada de consciência sobre o problema e a solução do estudo.

[...] o homem ao aproximar-se da realidade faz simplesmente a experiência da realidade na qual ele está e procura.

Esta tomada de consciência não é ainda a conscientização, porque esta consiste no desenvolvimento crítico da tomada de consciência.

[...] Quanto mais conscientização, mais se “desvela” a realidade (FREIRE, 1979, p.15).

Desta forma, como um processo crítico de análise da análise, conscientização sobre a tomada de consciência, adotou-se no estudo a perspectiva intitulada de problemática por Gerhardt e Silveira (2009).

Na problemática, uma questão inicial é proposta e questionada sobre a sua pertinência conforme avança-se na exploração do tema. O objetivo dessa perspectiva é romper ao longo do processo "com as ideias preconcebidas e com as falsas evidências" (GERHARDT e SILVEIRA, 2009, p.51). Logo, uma questão inicial foi determinada no estudo. Esta levou a compreensão de outra questão essencial. Sem esta, considerou-se que a questão inicial tornar-se-ia frágil, podendo ou não provocar mudanças na realidade observada. Com isso, o problema de pesquisa final do estudo foi definido.

Abordagem do problema definido no estudo teve caráter qualitativo, pela adoção de uma visão sistêmica e análise interpretativa dos dados coletados. Ainda, o ato de agir conscientemente sobre a realidade observada refere-se a práxis humana, como uma unidade indissolúvel (dialética) entre ação e reflexão do sujeito sobre o mundo, na qual se assume uma posição epistemológica (FREIRE, 1979). "É também consciência histórica: é inserção crítica na história, implica que os homens assumam o papel de sujeitos que fazem e refazem o mundo" (FREIRE, 1979, p.15). Assim, o quadro de referência do materialismo histórico e dialético também foi adotado no estudo.

Quando, pois, um pesquisador adota o quadro de referência do materialismo histórico, passa a enfatizar a dimensão histórica dos processos sociais. A partir da identificação do modo de produção em determinada sociedade e de sua relação com as superestruturas (políticas, jurídicas etc.) é que ele procede à interpretação dos fenômenos observados (GIL, 2008, p.22).

3. Problematização

O ser humano, desde a sua existência, utiliza os recursos naturais, bens de origem biológica, hídrica, energética ou mineral, para a sua sobrevivência. No entanto, com o avanço das civilizações, o desenvolvimento econômico e tecnológico transformou o consumo dos recursos naturais em recursos materiais, ou seja, em matérias primas e insumos para a produção de excedentes. Com isso, já em 1970 os limites do planeta foram

apontados por estudos de especialistas (MEADOWS *et al.*, 1973) e novos sistemas e modos de vida passaram a ser exigidos da sociedade, no que tangiam a extração, a produção e o consumo do mundo material.

A abordagem clássica do materialismo histórico já enfatizava que os processos produtivos e a utilização do mundo material eram determinantes na forma de organização de uma sociedade. A concepção materialista da história parte da tese que a produção e o consumo de produtos é a base de toda a ordem social das sociedades que permeiam pela história, sendo que a distribuição dos produtos e "a divisão social dos homens em classes ou camadas é determinada pelo que a sociedade produz e como produz, e pelo modo de trocar os seus produtos" (ENGELS, 1880, p.1).

Com esse contexto, tem-se que, durante muito tempo, em um modelo de sociedade industrial, as consequências do crescimento econômico, com a expansão dos modos de produção e consumo, não foram consideradas sobre o mundo material e a sua capacidade de sustentar as atividades humanas. Todavia, com o aumento das pressões ambientais e sociais vigentes, mudanças têm acontecido nos modos de vida da humanidade e contribuído para a formação de um novo modelo de sociedade, agora, pós-industrial.

Na concepção desse novo modelo, previsto por alguns especialistas como, Touraine (1971); Rittel e Webber (1973) e Drucker (1993), a sociedade vivencia o surgimento de diversos novos conceitos direcionados a elevar a economia ou gestão de materiais para patamares sustentáveis de desenvolvimento, na interação entre o meio ambiente, a sociedade e as suas atividades.

De modo geral, tais conceitos visam discutir a demanda por novas formas de projetar o uso dos recursos materiais, tornando-o mais significativo e aprofundando as relações com um novo mundo material, em que se tenha maior compreensão das consequências das ações humanas (McBRIDE, 2011). Em particular, foi Oslon (2001) em sua publicação marco na ciência e tecnologia (C&T) dos materiais, que ditou a existência de um novo pensamento material ou da consciência sobre como criá-lo e projetá-lo para o desenho de um novo mundo material, o que autor também definiu de era do design assim como Baykara (2015).

O desenho de um novo mundo material, pós-industrial, é então o contexto amplo de evolução da sociedade, para o qual este estudo visa contribuir, diante das novas relações projetuais, que passaram a existir, entre a C&T dos materiais, o design e a gestão da inovação.

Desde a passagem para o Século 21, novas relações projetuais instauraram-se nas fronteiras entre áreas correlatas do conhecimento material, tais como, da C&T dos materiais, do design e da gestão, para a concepção simultânea entre materiais, tecnologias e produtos e a promoção da inovação. A saber:

- Tal concepção foi impulsionada tanto pelas pressões ambientais e sociais existentes como pela recente influência dos usuários e demais partes interessadas (*stakeholders*) nos processos de desenvolvimento.

- Também diz respeito aos avanços nos estudos científicos e tecnológicos, com a manipulação das classes de materiais existentes, aqueles tradicionais, para a criação de novos materiais ou materiais avançados (OSLON, 2001; DOBRZANSKI, 2006; BAYKARA, 2015).

- Ainda, ao longo do tempo, o uso dos materiais tornou-se parte integrante da cultura humana como a substância da ação, o que resultou na criação dos materiais de modo indissociável do uso (produto) e da técnica (tecnologia). Materiais são empregados em produtos de uso cotidiano ou para fins específicos por meio do conjunto de saberes empregados, a tecnologia.

Diante desses fatos, os métodos da C&T dos materiais, normalmente, baseados em erros e acertos por experimentos, com estudos dispendiosos e incertos, em que, muitas vezes, os pesquisadores desconhecem as possibilidades de aplicação e aceitação dos seus achados, voltam-se agora para o processo de design com a concepção do design de materiais (OSLON, 2001; DOBRZANSKI, 2006; BAYKARA, 2015).

O design de materiais é uma abordagem que surgiu na C&T dos materiais para aumentar a probabilidade de sucesso de uma invenção e promover a inovação. O propósito é ampliar as possibilidades de aceitação e viabilidade de uma material bem como otimizar o tempo e os recursos demandados pelos processos tradicionais da C&T dos materiais. Essa abordagem suscita uma interdependência entre as atividades PD&I ao pensar a concepção de materiais, tecnologias e produtos de modo integrado e simultâneo. Para o futuro, segundo o *National Research Council* (2004) a aposta é, cada vez mais, um desenvolvimento totalmente integrado entre práticas de design, desenvolvimento de materiais e fabricação, em um ambiente computacional contínuo, evoluindo de um processo de atuação interdisciplinar para uma atuação transdisciplinar.

No Século 21 a emergência é, justamente, pela compreensão de diferentes níveis da realidade e de interpretações múltiplas para oportunizar a novidade (AIUB, 2006; NETO e LEITE, 2010; JODELET, 2016). Assim, ações transdisciplinares têm se tornado cada vez mais proeminentes para a promoção da inovação.

Porém, na realidade brasileira, ações transdisciplinares, com a integração de instituições científicas e tecnológicas (ITCs) com demais áreas do conhecimento, interessadas no processo de promoção da inovação, como o design e a gestão da inovação, por exemplo, ainda são incipientes. Arruda, Baracellos e Tumelero (2014) abordam que em projetos de pesquisa de universidades e ICTs brasileiros, ainda, é presente a lógica disciplinada, que separa as áreas do conhecimento ao invés de unir, como a lógica da transdisciplinaridade. Esses autores reforçam, também, que em projetos de PD&I, cada vez mais complexos, é preciso considerar a inexistência de fronteiras rígidas que separam as diversas áreas do conhecimento, a fim de buscar soluções de inovação transversais, em que o conhecimento é tratado como parte de um sistema integrado entre áreas. Isto, tanto no aspecto mecânico de integração de processos (etapas, métodos, ferramentas e atividades) como no sentido humano de interação ou comunicação entre *stakeholders*, já que, por meio da comunicação, gera-se conhecimento e desenvolvimento.

No âmbito da comunicação, a simultaneidade diz respeito à possibilidade de interação imediata ou *feedback*. É por meio da comunicação que ocorre a colaboração, quando indivíduos agem em equipe. No Brasil, a Lei 10.973/2004 de inovação aborda a demanda por maior colaboração entre universidades, ICTs e empresas em projetos de pesquisas científicas e tecnológicas, ampliando o diálogo entre essas partes, além de diversas outras, como os atores sociais, na definição de caminhos, rotas de inovação (FUCK e VILHA, 2011). Os resultados desta cooperação gera tanto oportunidades de inovação como aprendizados para ambas as partes envolvidas nos processos (CLOSS e FERREIRA, 2012).

Assim, em contribuição a integração de áreas correlatas do conhecimento, surgiram novas abordagens do pensamento do design, associadas à colaboração, que diminuíram barreiras de integração de processos e facilitaram a interação entre *stakeholders* para a promoção da inovação. De igual modo, o uso do pensamento sistêmico tem contribuído para o planejamento integrado de processos e ações simultâneas, diante da proposição de matrizes ou *roadmaps* de desenvolvimento e gestão da inovação (PHAAL e MULLER, 2009; PHALL, 2015).

A gestão da inovação, no meio técnico-científico, frequentemente, é abordada por modelos chamados *front-end*, do fim para o início. O *front-end* da inovação é aquele que "reúne as atividades realizadas antes da proposição e aprovação de um conceito a ser desenvolvido e implementado" (TEZA *et al.*, 2015, p.851). São subprocessos utilizados para identificar oportunidades ou demandas de inovação e, em seguida, orientar a concepção de propostas de solução até a tomada de decisão por aquela a ser desenvolvida. Já *roadmaps*, de modo complementar, são formatos gráficos que suportam a integração dos processos necessários para o desenvolvimento e a implementação de uma solução e oferecem uma visão sistêmica sobre os processos. Ao integrar processos distintos, o *roadmap* "tem a capacidade de facilitar a visão de longo prazo auxiliando na prospecção de melhorias e na análise de cenários futuros, facilitando também a melhoria dos fluxos do processo e da informação" (KROTH, SALERNO e GOMES, 2010, p.6). Desta forma, considera-se que a gestão da inovação ou o *front-end* da inovação acontece, no mínimo, por quatro processos anteriores ao desenvolvimento e à implementação de uma solução na sociedade, tais como: (1) a identificação de oportunidades ou demandas; (2) a concepção de ideias; (3) a tomada de decisão e (4) a concepção de um *roadmap* de apoio ao desenvolvimento de uma solução final.

Porém, para o desenho de um novo mundo material, é preciso, por exemplo, aprofundar as relações entre as entradas (o problema) e as saídas (a solução) dos processos de um *front-end* da inovação, tornando-as mais suscetíveis ao encontro de soluções sustentáveis, com o atendimento de reais demandas da sociedade e seus *wicked problems*, aqueles problemas sociais complexos, que envolvem mudanças de comportamento, opiniões diversas e múltiplas relações (RITTEL e WEBBER, 1973). Tudo isto requer pensar em inovação no sentido de mudança ou transformação social, ou seja, na inovação disruptiva, radical ou de significado, conforme definem Norman e Verganti (2014). Em específico, a inovação de significado é aquela que decorre de um processo todo guiado pelo design (NORMAN e VERGANTI, 2014). Na inovação guiada pelo design o objetivo é interpretar novos significados para a sociedade, capazes de provocar mudanças nos padrões até então estabelecidos. Processos de inovação guiados pelo design também são denominados de metaprojeto ou metadesign: "O projeto do projeto" (DE MORAES, 2010, p. 66).

Em geral, o design é uma área do conhecimento direcionada a projetar soluções para os problemas sociais complexos (*wicked problems*), contemporâneos e para além do seu tempo, ao usar métodos abduativos, colaborativos e cíclicos para isto. Trata-se de uma versão 4.0 do design, pós-industrial, que tem a intenção de promover a mudança ou a transformação social, por meio de uma quarta geração de métodos de design de base transdisciplinar (VAN PATTER, 2009; JONES, 2014). Na pesquisa transdisciplinar busca-se soluções para os problemas sociais, aqueles transeitoriais "postula-se que são os problemas do mundo, da vida e, não as disciplinas, que devem definir as questões e práticas da pesquisa" (JODELET, 2016, p. 1263)

Por fim, partindo destes pontos-chave teorizados, uma questão inicial e outra essencial foram determinadas, promovendo uma evolução nas proposições de solução do estudo.

4. Proposições e discussão

A questão inicial de pesquisa determinada no estudo foi: Como o desenvolvimento de projetos de PD&I pode ser guiado pelo design para a promoção da inovação de significado no design de materiais? Para a solução dessa questão considerou-se conceber um processo integrado de inovação guiado pelo design para o desenho de um novo mundo material, diante dos seguintes pensamentos: o pensamento do design dirigido à inovação (metaprojeto e *wicked problems*); o pensamento sistêmico da gestão da inovação, com os subprocessos do *front-end* da inovação, além do *roadmap* e o pensamento preditivo, relativo a projetos de PD&I no design de materiais. Na Figura 1 expõe-se esta proposta concebido como solução inicial do estudo.

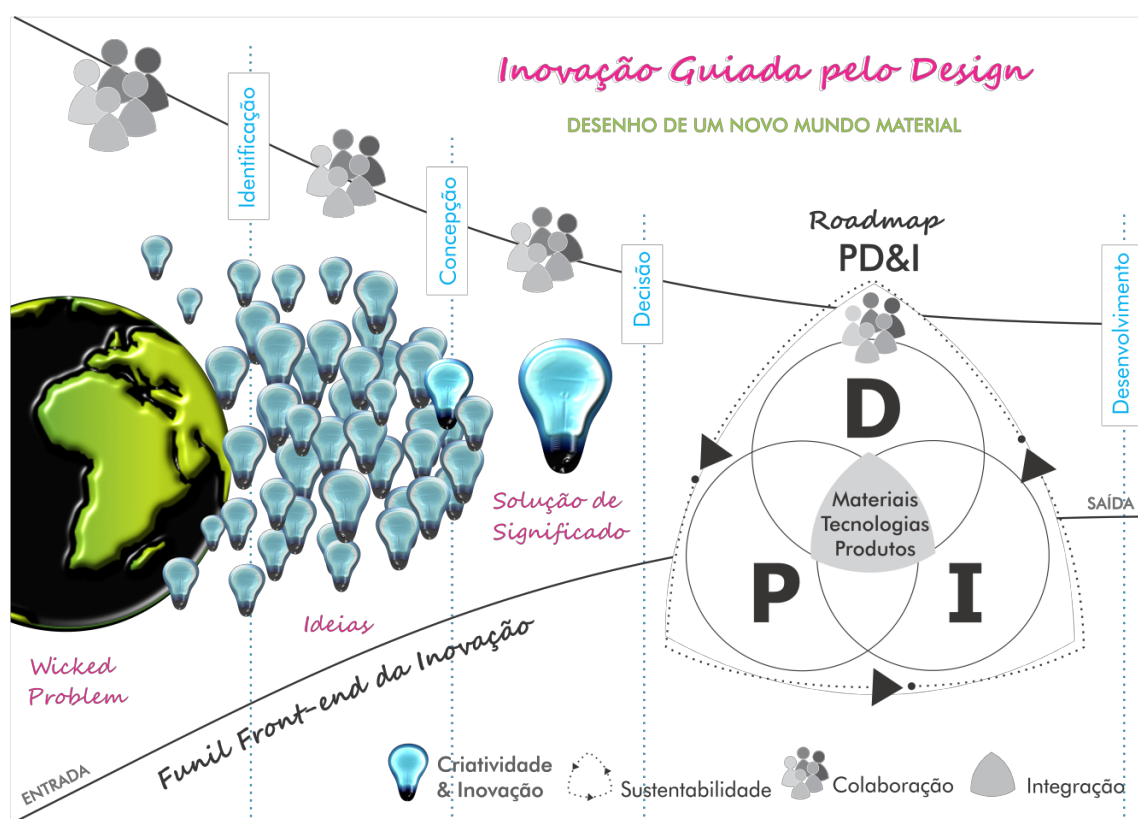


Figura 1 - Processo integrado de inovação guiado pelo design para o desenho de um novo mundo material. Fonte: Desenvolvida pelos autores.

Neste processo, os requisitos projetuais considerados necessários são: (1) a dissolução de *wicked problems*; (2) o princípio da sustentabilidade; (3) a colaboração entre *stakeholders*; (4) a aplicação de métodos de design para estímulo a criatividade e inovação (C&I) e interpretação de significados; (5) a integração de processos de PD&I entre materiais, tecnologias e produtos por meio de uma matriz *roadmap*.

Em específico, o uso de *roadmaps* já havia sido verificado por Kroth, Salerno e Gomes (2010) como uma forma flexível para alinhar a integração de projetos de P&D. Neste estudo, propõe-se um *roadmap de PD&I* como uma ferramenta de suporte à integração de planos de ação simultâneos e gestão compartilhada dos processos de desenvolvimento da solução encontrada, na relação entre materiais, tecnologias e produtos. Um *roadmap de PD&I* oferece uma visão sistêmica dos processos e planos de ação necessários para a realização de projetos de PD&I para o desenho de um novo mundo material.

Contudo, percebeu-se, com a conscientização da proposta, que a contribuição de um processo integrado de inovação guiado pelo design para o desenho de um novo mundo material, pós-industrial, poderia ser pouco efetivo, sem que as pessoas tivessem as competências necessárias para aplicá-lo. Isto considerando que na sociedade pós-industrial, os problemas são complexos, a informação é imediata, a inteligência é coletiva, a economia é baseada no conhecimento e na criatividade e a inovação é um processo social. Com a falta de capacidade das pessoas para lidar com todas essas situações complexas, propostas de inovação de significado, possivelmente, não seriam interpretadas. Requisitos para o alcance de soluções de inovação de significado coexistem nas pessoas que participam dos processos e não apenas no design desses. A concepção de processos contribui, mas não passarão de um modelo de referência, se as pessoas que os guiarem não tiverem as competências necessárias para projetar uma inovação por meio do design. É preciso que as pessoas tenham flexibilidade para atuarem com os diferentes tipos de pensamentos que compõem uma inovação guiada pelo design, conforme segue:

- Pensamento reflexivo e criativo - com o exercício de pensar sobre o pensamento ou criticar ideias e soluções para construir novas, gerar *insights*. A criatividade tem assumido um papel de inteligência para a inovação e sustentabilidade, o que tem realçado, cada vez mais, o design e os seus conhecimentos.
- Pensamento sistêmico - aquele necessário para compreender o contexto e as diversas relações estabelecidas para a sustentabilidade. Com uma visão holística é possível observar o mundo, o homem e as consequências derivadas desses.
- Pensamento preditivo - aquele capaz de gerar previsões (futuro) e avaliações em contextos verdadeiros. Trata-se da condução do projeto para a construção de artefatos capazes de interferir positivamente no contexto que se destina (LACERDA *et. al.*, 2013).

Ainda, a inovação guiada pelo design é fortemente dependente dos conhecimentos particulares inseridos ao processo, diante das interpretações geradas, além dos conhecimentos partilhados entre os *stakeholders* do processo.

Enfim, seja qual for o processo a ser seguido para alcançar a inovação "faz-se necessária a existência da capacidade inovadora, que deve estar presente em todas as etapas do processo de inovação, além de um ambiente institucional favorável" (FUCK e VILHA, 2011, p.5). Isso se deve ao fato que são as pessoas os atores do processo, são as pessoas que têm a capacidade de acumular experiências e gerar conhecimento, as pessoas interagem e compartilham seus conhecimentos e são as pessoas os únicos seres vivos capazes de serem criativos (TORQUATO, WILLERDING e LAPOLLI, 2015).

Com isso, o desenvolvimento de pessoas tornou-se a questão essencial do estudo, somado ao desenvolvimento de projetos de PD&I para o desenho de um novo mundo material, que foi relacionado a ideia de promoção da inovação de significado no design de materiais. Entretanto, o processo de desenvolvimento de pessoas decorre da aprendizagem.

Sendo assim, a pergunta de pesquisa do estudo foi reformulada, a saber: Como o desenvolvimento de pessoas e projetos de PD&I pode ser guiado pelo design e pela aprendizagem para a promoção da inovação de significado no design de materiais?

O desenvolvimento de pessoas não só decorre da aprendizagem como de diferentes formas de aprender (POZO, 2007; AMARAL, 2007; POZO, 2002; FLEURY e FLEURY, 2001). Indivíduos possuem estilos de aprendizagem distintos mediante aos seus sistemas de representação mental, visual, auditivo e cinestésico - relacionado ao movimento e aos sentidos (GROSSI *et al.*, 2014; AMARAL 2007).

Ainda, na sociedade contemporânea pós-industrial, a demanda é por uma cultura de aprendizagem continuada ao longo da vida (DELORS *et al.*, 1996) diante das múltiplas capacidades exigidas para a inovação no Século 21 (LUCCI, 2008; MARCHAL, 2012). Assim, "já que temos que aprender muitas coisas distintas, com fins diferentes e em condições cambiantes, é necessário que saibamos adotar estratégias diferentes para cada uma delas" (POZO, 2002, p.9). Esse autor ainda reforça que, o uso de uma única teoria ou modelo de concepção da aprendizagem é incapaz de atender a toda essa diversidade.

Com isso, além dos conhecimentos já abordados, múltiplas teorias da aprendizagem humana (socioconstrutivistas, cognitivas e humanistas) como a aprendizagem experiencial (KOLB, 1984), a aprendizagem na ação (MARQUARDT, 1999), a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2012) e a andragogia - aprendizagem para adultos (MOTA, 2010) passaram a ser consideradas para compor a relação (pessoas e processos) estabelecida no estudo. Também foi ponderada a abordagem do *systemic design* (JONES, 2014) pelas potencialidades da combinação de pensamentos do design e de sistemas e o processo de criação de conhecimento de Nonaka e Konno (1998).

Assim, a concepção de um processo de múltiplas aprendizagens para a inovação de significado passou a ser a nova proposta de solução do estudo, vindo a contribuir para lacunas do conhecimento ainda existentes. Para Verganti (2012, p.1) "em estudos sobre a inovação radical, a investigação sobre os significados é praticamente inexistente. Os significados não têm sido considerados um assunto de PD&I". Já para Baykara (2015) a criatividade e extensa colaboração em PD&I de materiais avançados estão se tornando os principais pilares para quase todas as organizações. Entretanto, o autor relata que há uma falta de pesquisas em tecnologia e gestão da inovação de materiais avançados, considerando suas características diversas e multissetoriais. Por fim, a Ashby e Johnson (2011) afirmam que existe uma lacuna de comunicação entre designers e desenvolvedores de materiais e que futuros avanços nesta relação dependerão fortemente da colaboração.

5. Considerações finais

A técnica de problematização permitiu discutir a relação de concepção entre materiais, tecnologias e produtos e propor uma solução para o desenho de um novo mundo material.

De modo geral, o processo integrado e de múltiplas aprendizagens proposto é um artefato útil para a sociedade e para o meio técnico-científico, na medida que esse tem a intenção de promover o desenvolvimento de competências nas pessoas ao mesmo tempo que se discute um problema real e propõe-se uma solução de significado para a sociedade, considerando o processo integrado de inovação guiado pelo design para o desenho de um

novo mundo material. Este é um processo que visa a sustentabilidade, ao fomentar a ruptura com o passado e o estabelecimento de novos padrões de produção e consumo. Também é um processo que possibilita a otimização de tempo e recursos despendidos, tradicionalmente, em projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) da C&T, diante da previsibilidade de soluções e da integração e simultaneidade das ações promovidas entre empresas, ICTs, grupos de pesquisa, além de órgãos governamentais e demais intérpretes da sociedade.

Referências

- AIUB, M. Interdisciplinaridade: da origem à atualidade. **O Mundo da Saúde [Internet]**, v. 30, n. 1, p. 107-16, 2006.
- AMARAL, V. L. **Estratégias e estilos de aprendizagem**: a aprendizagem no adulto. Disciplina: Psicologia da educação, Natal, RN: EDUFRN, n.9, 2007.
- ARRUDA, C.; BARCELLOS, E.; TUMELERO, C. Relatório do projeto “Centro de Referência em Inovação (CRI) Multinacionais”. Centro de Referência em Inovação, Núcleo de Inovação e Empreendedorismo, Fundação Dom Cabral, 2014.
- ASHBY, M., & JOHNSON, K. **Materiais e Design**: arte e ciência da seleção de materiais no design de produto. 2º ed. Elsevier. Rio de Janeiro, 2011.
- BAYKARA, T. From the classical scheme to a smart/functional materials system: A generic transformation of advanced materials technologies. In: 3rd International Conference on Leadership, Technology and Innovation Management. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, n.181, p. 79 – 88, 2015.
- BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **O que é aprender**. Estratégias de ensino-aprendizagem, v. 29, 2004.
- BRASIL. LEI N. 10.973, de 2 de dezembro de 2004. **Dispõe sobre Incentivos à Inovação e à Pesquisa Científica e Tecnológica no Ambiente Produtivo**. Congresso Nacional. Brasília, DF 183º da Independência e 116º da República, 2004.
- CLOSS, L. Q.; FERREIRA, G.C. A transferência de tecnologia universidade-empresa no contexto brasileiro: uma revisão de estudos científicos publicados entre os anos 2005 e 2009. **Gestão & Produção (UFSCAR. Impresso)**, São Carlos, v. 19, n. 2, p. 419-432, 2012.
- DELORS, J. (org). Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. **Educação um tesouro a descobrir**. UNESCO/Edições ASA/Cortez, v. 6, 1996.
- DE MORAES, D. Metaprojeto como modelo projetual. **Strategic Design Research Journal**, v. 3, n. 2, 2010.
- DOBRZANSKI, L. A. Significance of Materials Science for the Future Development of Societies. *Journal of Materials Processing Technology*, n. 175, p. 133–148, 2006.
- DRUCKER, P. **Post-capitalist Society**, Butterworth-Heinemann, 1993.
- ENGELS, F. **Do socialismo utópico ao socialismo científico**. 1ed: Folheto Revue Socialiste, mar-mai, 1880. Disponível em: <<https://www.marxists.org/portugues/marx/1880/socialismo/cap03.htm>>. Acesso em abril de 2015.

FLEURY, M. T. L.; FLEURY, A. Construindo o conceito de competência. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 5, n. SPE, p. 183-196, 2001.

FREIRE, P. **Conscientização: teoria e prática da libertação: uma introdução ao pensamento de Paulo Freire**. Cortez & Morales, 1979.

FUCK, M. P. VILHA, A. M. Inovação tecnológica: da definição à ação, Dossiê C,T&I: dilemas sociais na contemporâneos: **Revista de Artes e Humanidades**, v.2, abr. 2011.

GERHARDT, E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Universidade Aberta do Brasil – UAB / UFRGS, Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

GROSSI, M. G. R.; GROSSI, V. G. R.; SOUZA J. R. L. M., SANTOS E. D. Uma reflexão sobre a neurociência e os padrões de aprendizagem: A importância de perceber as diferenças. **Revista do PPGE - Debates em Educação**, v. 6, n. 12, p. 1-19, 2014.

JODELET, D. A representação: noção transversal, ferramenta da transdisciplinaridade. **Cadernos de Pesquisa**, v. 46, n. 162, p. 1258-1271, 2016.

JONES, P. H. Design research methods in systematic design. In: **The Third Symposium of Relating Systems Thinking and Design (RSD3)**, Oslo, Norway, p.15-17, 2014.

KOLB, D. A. **Experiential learning: experience as the source of learning and development**. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ, 1984.

KROTH, L. T.; SALERNO, M. S.; GOMES, L. A. V. Technology roadmap para alinhamento e integração de projetos de pesquisa e desenvolvimento em Institutos Públicos In: **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 30., 2010, São Carlos, SP. Anais... São Carlos, SP: UFSCar, 2010.

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES J. A. V. Design science research: A research method to production engineering. **Gestão & Produção**, v.20, n.4, 741-761, 2013.

LUCCI, E. A. **A era pós-industrial, a sociedade do conhecimento e a educação para o pensar**. 2008. Disponível em: <<http://hottopos.com/vidlib7/e2.htm>>. Acesso em: dez. 2015.

MARCHAL, J. M. Developing innovation competencies for organizations. Universidad de Cádiz, **ECER 2012, The Need for Educational Research to Champion Freedom, Education and Development for All**, 2012.

MARQUARDT, M. J. **Action learning in action: transforming problems and people for world-class organizational learning**. Palo Alto: Davies-Black Publishing, 1999.

MCBRIDE, M. Catalyst: **Strategic Design Review**. n.7, 2011.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D.L.; RANDERS, J.; BEHRENS III, W. W. Limites do crescimento, SP: Editora Perspectiva AS, 1973.

MOREIRA, M. A. ¿ Al afinal, qué es aprendizaje significativo?. **Qurriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa. La Laguna, Espanha. No. 25 (marzo**

2012), p. 29-56, 2012. MOREIRA, Marco Antonio. ¿ Al afinal, qué es aprendizaje significativo?. *Curriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa*. La Laguna, Espanha. No. 25 (marzo 2012), p. 29-56, 2012.

MOTA, R.. Olhando para o futuro: visões da educação brasileira para os próximos dez anos. **Revista de Tecnologia Educacional – ABT**, v.39, n.191, p. 26-38, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Accelerating Technology Transition: Bridging the Valley of Death for Materials and Processes in Defense Systems*. Washington: National Academies Press - NAP, 2004.

NETO, A. I.; LEITE, M. S. A abordagem sistêmica na pesquisa em engenharia de produção. The systems approach to the Production Engineering research. **Production**, v. 20, n. 1, p. 1-14, 2010.

NONAKA, I.; KONNO, N. The concept of Ba: Building a foundation for knowledge creation. **California Management Review**, v.40, n.3, p. 40-54, 1998.

NORMAN, D. A.; VERGANTI, R.. Incremental and radical innovation: Design research vs. technology and meaning change. **Design issues**, v. 30, n. 1, p.78-96, 2014.

OSLON, G. B. Beyond Discovery: Design for a New Material World. **Calphad**, v.25, n.2, p.175-190, 2001.

PHAAL, R.; MULLER, G. Um quadro arquitetônico para roteiro: para a estratégia visual. **Previsão Tecnológica e Mudança Social**, v.76, n.1, p.39-49, 2009.

PHAAL, R.. **Roadmapping for strategy and innovation**. 2015

POZO, J. I. A sociedade da aprendizagem e o desafio de converter informação em conhecimento. **Projeto Pedagógico**, p. 34–36, 2007.

POZO, J. I. **Aprendizes e mestres: a nova cultura da aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

RITTEL, H. W. J.; WEBBER, M. M. Dilemmas in a general theory of planning. **Policy sciences**, v. 4, n. 2, p. 155-169, 1973.

TEZA, P.; DANDOLINI, G.; SOUZA, J. A. D.; MIGUEZ, V. B.; FERNANDES, R. F.; MIGUEL, P. A. C. Front end of innovation models: similarities, differences and research perspectives. **Production**, v.25, n.4, p.851-863, 2015.

TORQUATO, M.; WILLERDING, I. A. V. W.; LAPOLLI, E. M. Ferramenta design thinking: uma estratégia da gestão empreendedora da inovação para o despertar criativo em organizações. In: **XVI Latin Ibero-American Conference on Management of Management of Technology, ALTEC 2015**, Porto Alegre, RS, 2015.

TOURAINÉ, A. **The post-industrial society: tomorrow's social history: classes, conflicts and culture in the programmed society**. Random House, 1971.

VAN PATTERN, G. K. Futures design: understanding futures that have already arrived. In: Design thinking Conference. Swinburne University School of Design in Melbourne, **NextD Journal**, New York: NextDesign Leadership Institute, 2009. Disponível em: <<https://issuu.com/humantific/docs/nextdfutures09>>. Acesso em: out. 2017.

VERGANTI, R. Design-driven Innovation: como criar produtos com significados que deixarão as pessoas apaixonadas. **Revista Infopaper**. SENAI SP Design, n.4, 2012.

A Biomimética como Inspiração para Fachadas Brasileiras Dinâmicas e Eficientes

Biomimetics as an Inspiration for Dynamic and Efficient Brazilian Facades

Anna Clara Franzen De Nardin, Acadêmica de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria

annadenardin@gmail.com

Pedro Vinícius da Silva de Oliveira, Acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria

pedroliveiracivil.2013@gmail.com

Thaís Vogel, Acadêmica de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria

thais.vogell@gmail.com

Marcos Alberto Oss Vaghetti, Professor Doutor, Departamento de Estruturas, Universidade Federal de Santa Maria

marcos.vaghetti@ufsm.br

Resumo

A fachada é um elemento de grande importância, principalmente em um Green Building, visto que está relacionada à eficiência energética, conforto térmico, acústico e visual. Comparando-se uma edificação com o corpo humano, a fachada seria o equivalente a nossa pele. Logo, não há como pensar no desenvolvimento de uma fachada eficiente de forma isolada. Este artigo fornece exemplos para abordagens de design biomimético em três aspectos principais na concepção de uma fachada sustentável; requisitos de energia, forma e estrutura; e considerações de sustentabilidade. Comparou-se através de métodos gráficos, o clima da cidade de Porto Alegre com duas cidades estrangeiras, Melbourne na Austrália e Harare no Zimbábwe, as quais possuem obras construídas com tecnologia biomimética. Dada a semelhança de temperaturas e luz solar com os exemplos citados, pode-se tomá-los como base para a implantação desta tecnologia, demonstrando o potencial existente nas cidades brasileiras para utilização da biomimética e fachadas dinâmicas eficientes.

Palavras-chave: Fachadas Eficientes; Biomimética; Sustentabilidade.

Abstract

The facade is an element of great importance, especially in a Green Building, since it is related to energy efficiency, thermal, acoustic and visual comfort. Comparing a building with the human body, the facade would be the equivalent of our skin. Therefore, there is no way of thinking about the development of an efficient facade in isolation. This article provides examples for biomimetic design approaches in three main aspects in the design of a sustainable façade; energy, form and structure requirements; and sustainability considerations. The climate of the city of Porto Alegre was compared using graphical methods with two foreign cities, Melbourne in Australia and Harare in Zimbabwe, which have buildings built with biomimetic technology. Given the similarity of temperatures and sunlight with the cited examples, one can take them as a basis for the implantation of this technology, demonstrating the potential in Brazilian cities for the use of biomimetics and efficient dynamic facades.

Keywords: *Efficient Facades; Biomimetic; Sustainability.*

1. Introdução

Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos foram de grande relevância para o desenvolvimento da sustentabilidade. As construções sustentáveis passaram a ganhar força a partir da exigência de projetar espaços que reduzem os impactos no ecossistema, contribuindo para manter uma boa qualidade de vida dos usuários do prédio e habitantes ao redor. Essas construções podem ser identificadas por meio do LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), que é deliberado pelo GBCI (Green Building Council Institute), sendo o Green Building, um selo que certifica as edificações que atendem às suas exigências acerca de aspectos ambientais e energéticos.

O Brasil no início do século 20 cumpriu um papel de pioneirismo no desenvolvimento de técnicas passivas para proteção e controle climático em fachadas, com o uso do cobogó e do brise-soleil. Esses dispositivos ainda são muito usados até hoje, apesar de serem de pouca tecnologia, o que torna evidente o potencial desses novos tipos de fachadas eficientes podem ter em nosso país.

Na definição tradicional do termo fachada, ela é descrita como um plano vertical estático, que cumpre como função proteger o espaço interno da hostilidade do ambiente externo. (ADDINGTON & SCHODEK, 2005). Esse conceito apresenta a fachada como uma simples barreira física com características exclusivas entre o interior e exterior e que demanda alto consumo energético para manter o conforto térmico e lumínico interno.

Em contraponto à essa ideia aparece o ramo da ciência chamado biomimética, que apesar de ser relativamente novo, tem caráter ancestral. Como comentado pelo biólogo Ricardo Mastroti na Greenbuilding Conferência e Expo: “Durante muitas gerações essa foi a técnica mais óbvia de construção e organização. Comunidades indígenas, ribeirinhas, tradicionais fazem isso até hoje: observam a natureza e a copiam na medida do possível. Leonardo Da Vinci fez isso com maestria no século 15. Todos os nossos antepassados fizeram isso.”

A biomimética busca soluções sustentáveis através da observação da natureza, compreendendo como os organismos funcionam e se mantêm. Desta forma, combina-se essa ciência com os ramos de engenharia, arquitetura e matemática, para o desenvolvimento de

novas técnicas que deixem as construções mais eficientes, inteligentes e confortáveis. A mesma, segundo Detanico (2010, p.105), pode ser considerada como um método criativo, o qual é aplicado através de analogia com elementos da natureza, em âmbito formal, comportamental ou funcional.

A partir dessa concepção, surgiu uma nova visão para a fachada, como sendo uma envoltória, com capacidade de gerenciar e mediar os agentes externos de maneira seletiva, ou seja, atuando como um filtro, uma membrana capaz de se adaptar (Figura 1). Ferguson (apud LONNEN et. al., 2013) define adaptabilidade como “a habilidade de um sistema enviar um comando funcional, considerando múltiplos critérios de escolha a partir das variáveis do ambiente”.

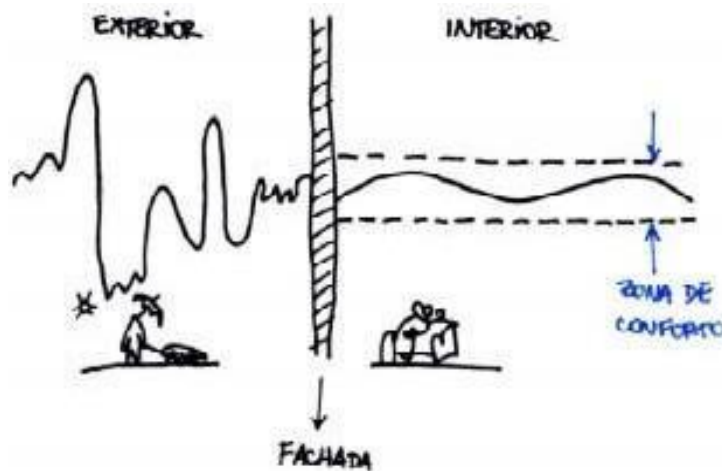


Figura 1: A fachada como membrana de controle entre exterior e interior. Fonte: SCHELIGA; John. (2016).

Essa adaptação surge com o uso de materiais ou sistemas de materiais que conseguem sentir estímulos energéticos e agir perante a eles, interagindo com o ambiente externo. O objetivo do presente artigo é identificar as contribuições de fachadas que usam o princípio da biomimética para o conforto e a eficiência energética de edifícios a partir da análise de obras em que foram aplicados esses conceitos, em locais de clima similar ao brasileiro. Será apresentada uma análise do sistema construtivo e de como essas técnicas podem ser implementadas no nosso país, não apenas em novas edificações, mas também em obras já existentes.

Assim, busca-se, a partir de uma correta implementação das fachadas inteligentes, maximizar a eficiência energética, o conforto térmico, acústico e visual das edificações brasileiras, contribuindo também na formação de cidades mais sustentáveis.

2. Fachadas Dinâmicas e Biomimética

2.1 Parâmetros para design de fachadas eficientes

Segundo um trabalho realizado pelo Labeec UFSC(2017), descreve que “a fachada é considerada um elemento de grande importância em um Green Building - qualquer edificação e/ou ambiente que é construído pensando na sustentabilidade social, ambiental e

econômica, desde a sua fase inicial até sua fase final”. Segundo Riham Nady (2016, p.3), Alguns parâmetros devem ser pensados no pré projeto, a fim de maximizar o desempenho da ventilação e iluminação do edifício, como:

- Controle da incidência de luz solar- o conforto térmico e visual de um ambiente depende da quantidade de luz que entra através da fachada, pois ela correlaciona-se diretamente com o aumento da temperatura interior;
- Ventilação natural- a pele do edifício desempenha um papel importante em termos de troca de ar natural e controle da temperatura interna;
- Entrada de Luz natural- o uso da luz natural é importante, tanto em termos do conforto e contentamento dos usuários como no que diz respeito à redução do uso de luz artificial;
- Isolamento térmico- sistemas de isolamento térmico empregam materiais e componentes capazes de reduzir a perda de calor por transmitância, convecção ou radiação e tem um enorme potencial para impactar o desempenho térmico de um edifício;
- Escolha dos materiais- materiais também desempenham um papel tecnológico primário e tem um efeito tremendo no conforto do edifício;

Um outro parâmetro a ser considerado é um dos campos de estudo da biomimética, em que se utiliza a natureza como uma medida. Na qual, segundo Benyus (1997), se utiliza o padrão ecológico para julgar a relevância e a validade das nossas inovações. Após bilhões de anos de evolução, a natureza sabe o que funciona, o que é mais apropriado e o que perdura.

Com as novas tecnologias, cada vez mais se buscam soluções resistentes de forma mecânica e química que apresentem eficiência termoacústica, estanques à umidade e com maior praticidade de aplicação, otimizando desta forma, a instalação e criando fachadas mais eficientes e sustentáveis.

2.2 Soluções para a eficiência de fachadas

Através da observação da natureza, os elementos naturais se convertem em ferramentas de projeto para solucionar problemas humanos e contribuir para o processo criativo dos projetos arquitetônicos, inspirando-se no equilíbrio natural para se ter edificações mais sustentáveis.

2.2.1 Fachadas ventiladas

Por reduzir o uso de ar-condicionado nas edificações, a fachada ventilada se torna uma solução cada vez mais explorada na construção civil. Este tipo de fachada (Figura 3) consiste em um sistema de revestimento externo, composto por painéis fixados a um conjunto de perfis estruturais metálicos, parafusos e chumbadores localizados na parede da edificação. Neste sistema ocorre a formação de um colchão de ar sob os vidros podendo otimizar significativamente o consumo de energia, sendo importante que a fachada esteja livre de elementos que impeçam a circulação do ar, para haver um bom desempenho do mesmo. A fachada ventilada é um exemplo de solução passiva, em que a "pele" da torre se aquece com o ar externo durante o dia e absorve o calor em sua estrutura. Ao chegar no meio do prédio, o ar já está mais frio. À noite, o calor que foi absorvido durante o dia aquece o interior, criando condições mais confortáveis para as pessoas que vivem e trabalham no local.

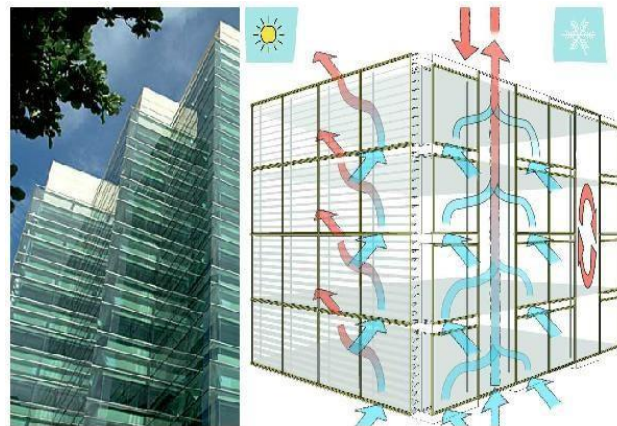


Figura 3: Fachada Ventilada -Ed. Cidade Nova - RJ. Fonte: SustentArqui (2015).

2.2.2 Fachadas verdes

Considerada uma das soluções mais sustentáveis para equilibrar a temperatura e também mais econômica, pois tem baixo custo de manutenção, a fachada verde ameniza a radiação solar, tem alta eficiência energética, além de diminuir a poluição em até 30% e conseguir reduzir o ruído externo. Geralmente são utilizadas plantas da espécie das trepadeiras, para cobrir as fachadas verdes, pois estas se adequam facilmente a estrutura e crescem sem precisar de cuidados excessivos. Já em prédios menores é possível utilizar samambaias, orquídeas, entre outras. Com o uso deste tipo de fachada, pode-se criar desenhos devido aos diferentes tipos de plantas utilizados, dando vida e movimento para as cidades, conforme Figura 4. Aqui, a natureza não serve só como inspiração, mas é pensada como parte integrante do projeto arquitetônico.



Figura 4: Fachada em movimentos através das plantas. Fonte: Pinterest (2013).

3. Estudos de Caso

3.1 Climas Analisados

As duas obras abordadas aqui foram escolhidas pelo local de origem terem características semelhantes às de Porto Alegre no que tange à variação de temperatura ao longo do ano, velocidade do vento e incidência de luz solar. Assim, pode-se analisar como os princípios de biomimética e fachada dinâmica foram usados para controle do conforto térmico e eficiência energética, para então verificar se é possível implementar esse tipo de projeto na nossa região.

Porto Alegre apresenta uma temperatura média de 25°C no verão e 16°C no inverno, enquanto em Melbourne a temperatura média é de 25 °C no verão e de 14 °C no inverno e em Harare a média é de 22°C e 14°C respectivamente. Observa-se por meio da Figura 5, que a variação de temperatura ao longo do ano para as três cidades são semelhantes.

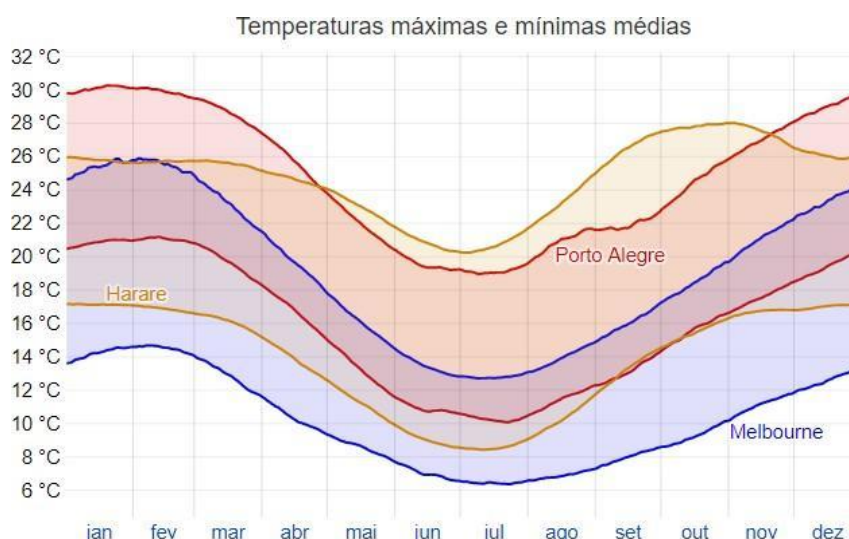


Figura 5: A média da temperatura máxima e da mínima diária do ar a 2 metros acima do solo. Fonte: <https://weatherspark.com/>

Em relação a quantidade de horas de luz solar ao longo do dia, as três cidades apresentaram condições semelhantes. A incidência de luz varia entre 15h e 10h aproximadamente ao longo do ano, conforme Figura 6.

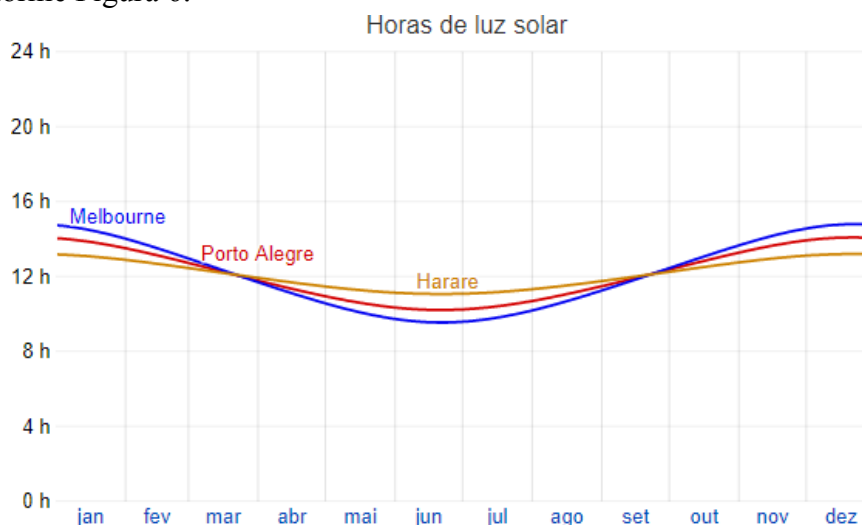


Figura 6: O número de horas em que o sol está pelo menos parcialmente acima do horizonte. Fonte: <https://weatherspark.com/>

Quanto a velocidade média do vento, Melbourne se mostrou a cidade mais ventosa, com uma média de 16km/h. Porto Alegre é a cidade com menor velocidade do vento, com uma média de 13km/h e Harare é a cidade com maior variação de velocidade, com uma média de 14km/h. Observa-se, por meio da Figura 7, que as cidades tem média de velocidades semelhantes, sendo a maior variação entre Melbourne e Porto Alegre, de 3km/h.

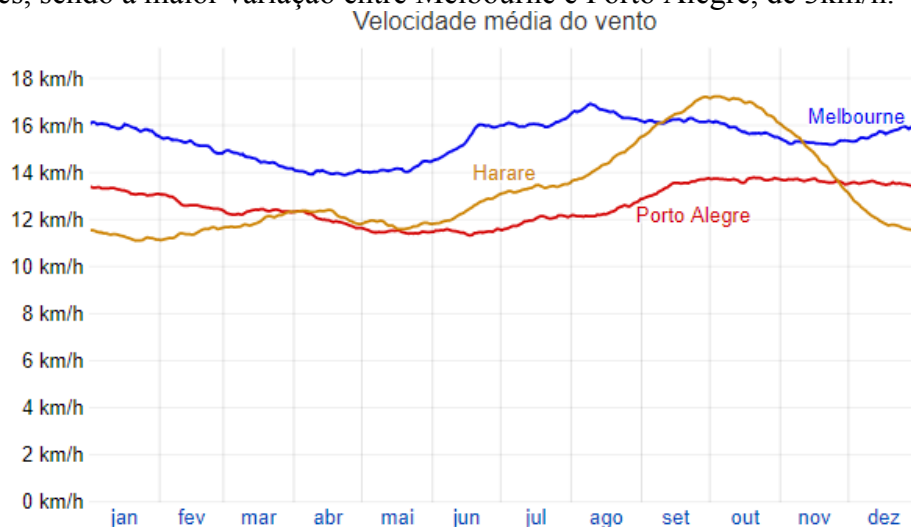


Figura 7: A média das velocidades horárias médias do vento a 10 metros acima do solo. Fonte: <https://weatherspark.com/>

3.2 Obras analisadas

3.2.1 Council House 2, Melbourne, Austrália: fachada dinâmica

Desenhado para se tornar o edifício com melhor design sustentável da Austrália, o Council House 2, CH2, é a primeira obra do país a ser classificada com 6 estrelas pela corporação Green Building Council da Austrália (GBC Austrália), a quantidade de estrelas designa o quanto o edifício respeita os preceitos de sustentabilidade. O Council House se utiliza da biomimética na sua envoltória, por meio de uma segunda pele formada por uma estrutura de aço e painéis de madeira reaproveitada, que cobrem toda fachada oeste do edifício (Figura 8). Esses painéis se movimentam, abrindo ou fechando, através de sensores controlados por computador, de acordo com a quantidade de sol e a posição que ele atinge a fachada, ou seja, se adaptando às condições climáticas locais de maneira automatizada. Essa “epiderme” contribui para o conforto térmico e visual, controle da ventilação e entrada de luz natural, criando um microambiente semi-fechado. Entre outras ferramentas para sustentabilidade usadas no edifício estão exaustores para sugar o ar quente do teto, “torres-chuveiro” que por meio de evaporação tendem a diminuir a temperatura do ambiente, dutos que resfriam tetos, paredes e chão utilizando a brisa noturna, uso de energia eólica e solar por turbinas e painéis instalados na cobertura, jardins verticais na fachada norte e aproveitamento da água da chuva. Tudo isso caracteriza um edifício dinâmico, que interage com o meio ao seu redor utilizando os recursos naturais para aproveitamento máximo, baseado no conceito de sinergia: um edifício constituído por diversos sistemas que se sobrepõem, cada um sendo

mais do que a soma das suas partes.



Figura 8: Os painéis de controle solar na fachada oeste do edifício. Fonte: <http://www.urbanthriving.com/news/council-house-2-council-house-1/>

Paevere (PAEVERE & BROWN, 2008) realizou um relatório pós-ocupação do Council House (Figura 9), em que foram registrados após um ano de uso predial, as seguintes conclusões:

Conforto Térmico: As classificações de insatisfação térmica estavam abaixo de 10% na maioria dos locais do edifício, mas o fluxo de ar é percebido como baixo.

Qualidade do Ar: A qualidade do ar do CH2 é excelente em termos de níveis de poluentes medidos devido à entrada de ar 100% fresco e ao uso de materiais de baixa toxicidade, bem como um uso extensivo de plantas de interior.

Iluminação: Os níveis de iluminação de fundo são suficientes, sendo a satisfação dos ocupantes pela iluminação é média no CH2.

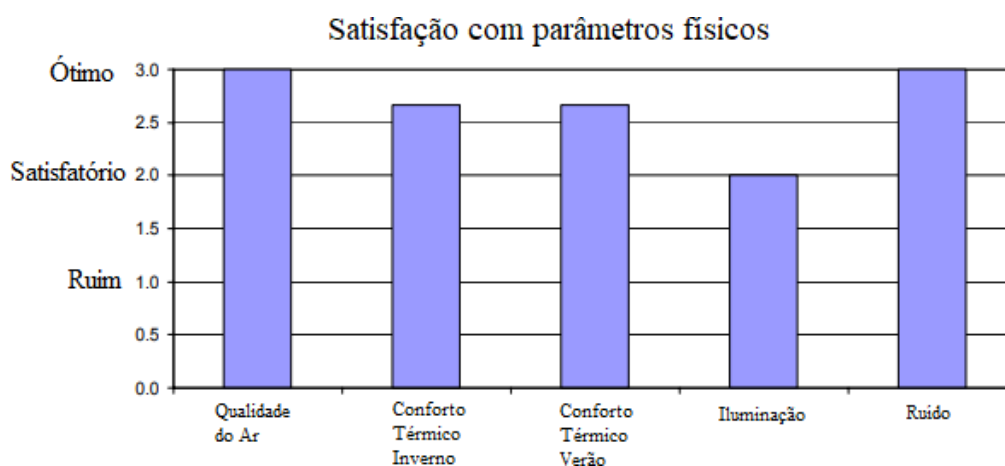


Figura 9: Satisfação com os parâmetros físicos do Council House. Fonte: Adaptado de PAEVERE & BROWN (2008).

No geral, segundo Paevere, 80% dos ocupantes preferem o CH2 ao alojamento anterior. Também foi visto que a produtividade da equipe melhorou 10,9%, resultando em uma economia de mais de dois milhões de dólares. Houve também uma redução das emissões de CO2 em 87%, do consumo de eletricidade em 82%, do gás em 87% e de água em 72%. O custo total de construção da CH2 foi de US \$ 51,045 milhões, dos quais aproximadamente US \$ 12 milhões foram gastos em mecanismos de design sustentável. Porém, com essas melhorias, o CH2 economiza energia suficiente para equivaler a US \$ 5.479,45 por dia, resultando em um período de retorno do valor investido em tecnologias sustentáveis em apenas sete anos.

3.2.2 Eastgate Building, Harare, Zimbabwe: Biomimética

Segundo o site de notícias ECycle “em 1992 foi construído o Eastgate Building, um shopping no Zimbábue (Figura 10). Essa obra é um dos exemplos práticos mais conhecidos do uso da biomimética na construção. Com 32.000m², o complexo foi construído com 10% a menos de valor de investimento em sistemas de climatização e gera economia de 40% no custo operacional de energia, o que fez os proprietários do Eastgate economizarem US \$ 3,5 milhões no sistema de ar-condicionado, que não precisou ser implementado”.



Figura 10: Fachada do Eastgate Building. Fonte: <http://www.condominiosverdes.com.br/voce-ja-ouviu-falar-em-biomimetica/>

Projetado pelo arquiteto Mick Pearce, a edificação não conta com sistema de ar-condicionado, visto que a temperatura permanece agradável e regular durante o ano inteiro devido ao sistema de ventilação do edifício, que se assemelha aos cupinzeiros africanos (Figura 11). Os cupins se alimentam de um fungo que é cultivado dentro do próprio cupinzeiro, os mesmos cavam e fecham constantemente várias saídas de ar, cujo fluxo permite a obtenção da temperatura interna desejada, mantendo desta forma, a temperatura estável.

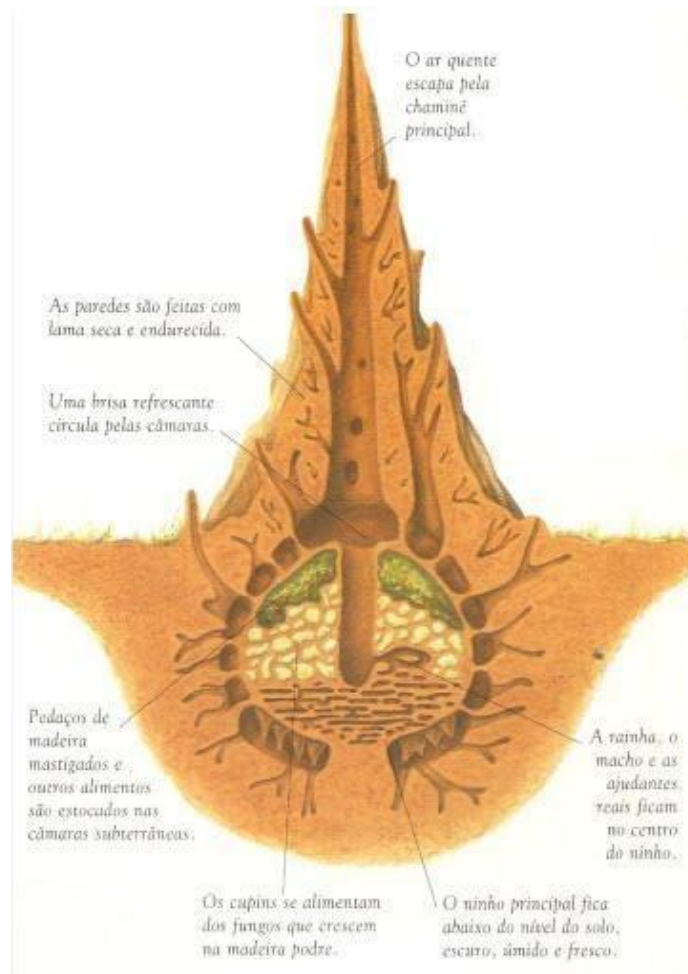


Figura 11: Princípio de ventilação do cupinzeiro. Fonte: <http://biologiaparabiologos.com.br/>

Esse mesmo princípio é utilizado no Eastgate para climatização (Figura 12). Segundo o portal Inhabitat, o ar exterior é aspirado e quando entra no edifício é aquecido ou resfriado pela massa de concreto, dependendo de qual está mais quente, o concreto ou o ar. Em seguida, é ventilado para os andares e escritórios superiores antes de sair pelas chaminés no topo. O complexo também consiste em dois edifícios lado a lado, separados por um espaço aberto coberto por vidro e aberto à brisa local.

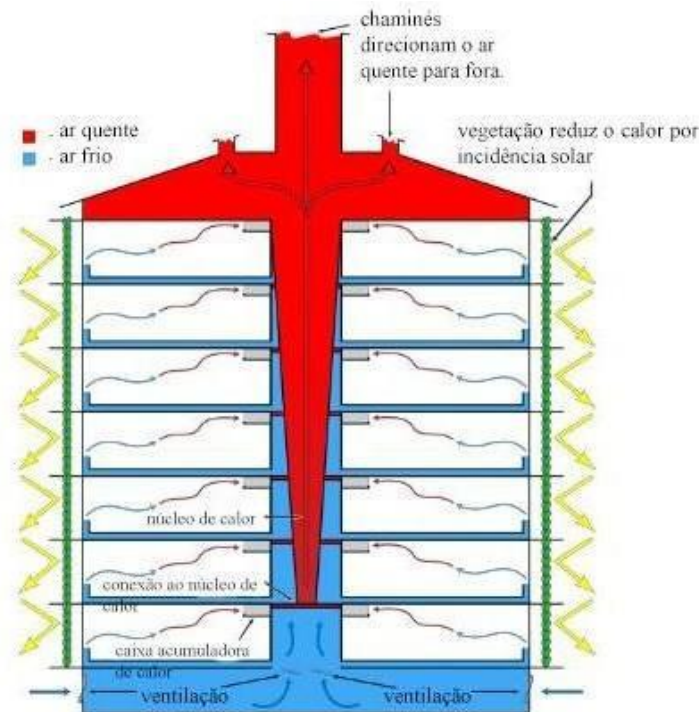


Figura 12: Sistema de ventilação do Eastgate Building. Fonte: Adaptado de https://en.wikipedia.org/wiki/Eastgate_Centre,_Harare

4. Conclusão

Depois de estudar os parâmetros de fachadas dinâmicas que fazem uso dos princípios de biomimética, a questão que se coloca é: Essas fachadas poderiam ser aplicadas em edifícios no contexto do sul do Brasil? A resposta é sim, adaptando o projeto para o clima da região, os materiais usados e a disponibilidade de tecnologias. Além disso, o design de fachadas deve levar em consideração o percurso do sol, vento, umidade e o uso de energia consumida. Uma fácil implementação para fachadas dinâmicas brasileiras seria a automatização dos brises já existentes, para que esses se movam de acordo com a quantidade de luz incidente e temperatura interna, além da implementação de paredes verdes e fachadas ventiladas.

Através deste artigo, pode-se perceber que na região sul do Brasil, mais especificamente na cidade de Porto Alegre, encontram-se características climáticas próximas dos estudos de caso apresentados, tornando possível tomar como inspiração construções e tecnologias usadas no contexto internacional para tornar as edificações brasileiras mais sustentáveis. Com isso, percebe-se que o investimento em fachadas dinâmicas traz considerável economia, não apenas dos recursos naturais, mas também financeira.

Além disso, a biomimética contribui para o processo criativo dos projetos arquitetônicos, inspirando-se no equilíbrio natural, interagindo com a natureza e imitando-a de uma forma respeitosa, onde não pretende-se apenas extrair da natureza, mas sim aprender com ela. Desta forma, resgatamos uma frase de Leonardo da Vinci de 500 anos atrás: “aqueles que tomarem partido de qualquer estandarte que não seja o da natureza – a mestra de todos os mestres – trabalharão em vão”.

As vantagens desses sistemas vão muito além da proteção solar, economia energética, conforto térmico, ventilação e iluminação natural. Estamos todos inseridos numa rede que conecta os ecossistemas, e entender a interdependência das relações é essencial para a existência. Quanto mais otimizamos recursos e energia, mais reconhecemos o impacto das nossas ações e mais conscientes ficamos do nosso papel para manutenção da vida no planeta. Como já disse E. F. Schumacher, *“A sabedoria demanda da ciência e da tecnologia uma nova orientação em direção ao orgânico, ao gentil, ao elegante e ao belo”*.

5. Referências

- ADDINGTON, M., SCHODEK, D. **Smart Materials and New Technologies**. Oxford: Architectural Press, 2005.
- BENYUS, J. **Biomimicry: Innovation inspired by nature**. New York. Quill Publishes, 1997.
- CARLSON, Justin et al. Biological Materials in Engineering Mechanisms. In: TAYLOR & FRANCIS GROUP (California). **Biomimetics: Biologically Inspired Technologies**. Pasadena California: Crc Press, 2006. Cap. 14. p. 365-381.
- DETANICO, Flora Bittencourt; TEIXEIRA, Fábio Gonçalves; KOLTERMANN DA SILVA, Tânia Luísa. A biomimética como método criativo para o projeto de produto. **Design e Tecnologia**, [S.l.], v. 1, n. 02, p. 101-113, dez. 2010. ISSN 2178-1974. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/det/index.php/det/article/view/52>>. Acesso em: 12 mar. 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.23972/det2010iss02pp101-113>.
- KLEIN, T. **Integral Façade Construction: towards a new product architecture for curtain walls**. Alemanha: Delft University of Technology, 2013.
- LOONEN R., TRCKA D., CÓSTOLA D., HENSEN, J. **Climate adaptative buildings shells: State-of-the-art and future challenges**, Renewable and Sustainable Energy Reviews 25. (pp. 483-493), 2013.
- NADY, R. Dynamic Facades Environmental Control Systems for Sustainable Design. **Revista de Energia Renovável e Desenvolvimento Sustentável (RESO)**, Alexandria, v. 3, n. 1, março 2017. ISSN 2356-8569.
- PAEVERE, P., BROWN, S. **Indoor Environment Quality and Occupant Productivity in the CH2 Building: Post-Occupancy Summary Report** No. USP2007/23, 2008.
- SCHELIGA, R., JOHN, V. **Fachadas adaptativas: arquitetura dinâmica orientada ao desempenho**, XVI Encontro Nacional de tecnologia do ambiente construído, 2016.