

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB**  
**CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – CDS**

**TRÊS PROPOSIÇÕES SOBRE**  
**ARQUITETURA INTELIGENTE NO CONTEXTO SUSTENTÁVEL**

**Flávia Castro Temóteo Cavalcante**

**Orientador: Prof. Dr. Armando Caldeira-Pires**

**Dissertação de Mestrado**

**Brasília – DF, 18 de junho de 2007**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB**  
**CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – CDS**

**TRÊS PROPOSIÇÕES SOBRE**  
**ARQUITETURA INTELIGENTE NO CONTEXTO SUSTENTÁVEL**

**Flávia Castro Temóteo Cavalcante**

**Dissertação de Mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Mestre em Desenvolvimento, área de concentração Política e Gestão de Ciência e Tecnologia, opção Profissionalizante.**

**Aprovado por:**

---

**Prof. Dr. Armando Caldeira-Pires (UnB)**  
**(Orientador)**

---

**Prof.Dr. Artur Oscar Guimarães (UnB)**  
**(Examinador Interno)**

---

**Prof.Dr. Jaime Gonçalves de Almeida (UnB)**  
**(Examinador Externo)**

**Brasília- DF, 18 de junho de 2007**

Cavalcante, Flávia Castro Temóteo.

Três proposições sobre Arquitetura Inteligente no contexto sustentável./ Flávia Castro Temóteo Cavalcante.

Brasília, 2007.

83 p.il.

Dissertação de Mestrado . Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília.

I. Arquitetura Inteligente – Sustentabilidade. Universidade de Brasília. CDS

II. Título

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Flávia Castro Temóteo Cavalcante

À Valda e Timóteo, meus pais  
À Taise e Guilherme, meus irmãos  
A João Pedro, meu sobrinho e Ulisses e Danielle, meus cunhados  
À Maria Heloisa, Maria Josefina, e em memória de Otilia

## **Agradecimentos**

Sobre todas as coisas, Deus.

Ao Professor Armando Caldeira-Pires em sua atuação cativante como professor,  
por ter aceito orientar-me e pela compreensão e respeito a minha profissão.

Ao corpo docente do CDS que através de conversas informais compreenderam minha  
personalidade, profissão e intensão; e indicaram-me a disciplina Ecologia Industrial,  
onde pude aprender sobre o ciclo de vida.

À Dra. Marília Santos Silva pelo apoio e orientações preliminares.

A Ulisses da Nobrega Silva.

A todos os profissionais do GDF que realmente tiveram verdadeira consideração por eu  
estar fazendo este curso de mestrado.

“Um campo tem terra  
E coisas plantadas nela  
A terra pode ser chamada de chão  
É tudo que se vê  
Se campo for um campo de visão”.

Arnaldo Antunes

## RESUMO

O objetivo geral do trabalho é caracterizar as maneiras projetuais em Arquitetura Inteligente utilizando inovações tecnológicas que possam diminuir o impacto ambiental causado pelo habitat humano. O contexto analítico está centrado no estudo sistêmico social; inovação tecnológica; e sistemas de automação. O conceito de Edifício Inteligente mostra como o sistema de automação funciona pela inteligência artificial o monitoramento e controle, oferecendo respostas às expectativas humanas e readaptação espacial de dados captados por sensores localizados em espaços funcionais. As inovações tecnológicas podem ampliar a matéria da Arquitetura auxiliando em estruturas organizacionais do conhecimento artístico e de design ocupando o espaço com tecnologias verdes, consolidando a tecnologia como ordenadora do saber sustentável em Arquitetura, e este seria o conteúdo em Arquitetura Inteligente. A taxonomia de todo o estudo são três proposições a aproximar conceitos distintos: proposição I: o estado da arte em arquitetura insere-se em conceitos de arquitetura inteligente; proposição II: no estudo sistêmico social a linguagem cultural da Arquitetura converge para o surgimento de “habitações verdes”; proposição III: o estudo do ciclo de vida dos materiais em Arquitetura tem semelhança com a inovação tecnológica.

## ABSTRACT

The general aim of this project is to expose the project manners in Intelligent Architecture using technology innovation that can decrease the environment impact caused by human beings habit. The analytical context is focused on social systemic studies, technology innovation, and automation system. The concept of Intelligent Building shows how the automation system works through the artificial intelligence – watch and control, offering answers to the human beings expectation and data space readjustment caught from sensors located in functional spaces. The technology innovations can expand the Architecture subject helping in art and design knowledge organization structure full filling the green building, establishing technology as knowledge sustainable organizer in Architecture, which means: Intelligent Architecture. There are three propositions that join different concepts in the taxonomy of the whole study. Proposition I: the state of the art in Architecture is inside the concept of Intelligent Architecture; proposition II: the Architecture cultural language in the social systemic study converges to the birth of the “green habitat”; proposition III: the study of the material cycle of life in Architecture is similar to the technology innovation.

**SUMÁRIO**

<b>Agradecimentos</b>	<b>v</b>
<b>Resumo</b>	<b>vii</b>
<b>Abstract</b>	<b>viii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2. PROPOSIÇÃO I: O ESTADO DA ARTE EM ARQUITETURA INSERE-SE EM CONCEITOS DE ARQUITETURA INTELIGENTE</b>	<b>20</b>
<b>3. PROPOSIÇÃO II: NO ESTUDO SISTÊMICO SOCIAL A LINGUAGEM CULTURAL DA ARQUITETURA CONVERGE PARA O SURGIMENTO DE “HABITAÇÕES VERDES” COMO SISTEMAS INOVATIVOS</b>	<b>35</b>
<b>4. PROPOSIÇÃO III: O ESTUDO DO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS EM ARQUITETURA COMO INOVAÇÃO TECNOLÓGICA CONDUZ A NOVOS CONTEÚDOS EM ARQUITETURA INTELIGENTE</b>	<b>42</b>
4.1. APLICAÇÃO DO CICLO DE VIDA EM SITUAÇÕES PROJETUAIS	43
4.2. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E ARQUITETURA	48
4.3. NOVOS CONTEÚDOS EM ARQUITETURA INTELIGENTE	56
4.3.1. Ciclo de vida sob as normas ISO	56
4.3.2. Ciclo de vida e produtos industrializados	60
4.3.3. ZEDfactory – Ciclo de vida e Arquitetura	74
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>82</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>87</b>

## RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 2.I - Taxonomia de Pesquisa em Edifícios Inteligentes	27
Figura 2.II.A – Estrutura organizacional do Edifício Inteligente . B – Planta Tipo	29
Figura 2. III.A – Interação interna da Planta Tipo. B – Controle Lógico	30
Figura 2.IV – Planta tipo com sensores	31
Figura 2.V – Conjunto de sensores da Planta Tipo	31
Figura 2.VI – A. Dados internos. B. Performance	32
Figura 2.VII – A. Relação por ambiente das decisões e interações. B. Proporção numérica por ambiente entre as decisões.	33
Figura 4.1.I - Relação entre resultado do ACV e Dados Válidos Cientificamente	47
Figura 4.1.II - Aplicabilidade do ACV, Eficácia ambiental do design em escolhas na fase de desenvolvimento de produtos.	47
Figura 4.2.I - Esquema do ciclo tecnológico fundamental para a fabricação de revestimentos cerâmicos.	50
Figura 4.2.II - Esquema das principais entradas e saídas (fluxo de materiais e energia) do processo de preparação da massa para extrusão.	50
Figura 4.2.III - Esquema simplificado de uma inovação “puxada pela demanda” (demand pulled)	52
Figura 4.2.IV - Qualidade Dialógica entre Tecnologia e Lugar	54
Figura 4.3.1.I – Marco de referencia do ACV segundo ISO 14040	58
Figura 4.3.1.II - Exemplo de um sistema produtivo – ISO 14041	58
Figura 4.3.1.III – Unidade funcional para quantificar o serviço geral do sistema	59
Figura 4.3.2.I - Metodologia Geral. O quadro branco mostra o processo e o quadro cinza o resultado intermediário.	61
Figura 4.3.2.II – A.Triângulo do Tríduo de Impacto; II. B.Triângulo de Resultados do LCA entre dois produtos (A e B).	62
Figura 4.3.2.I - Evolução Quantitativa de transistor de 1970 - 2030	63
Figura 4.3.2.II A e B - Diagnóstico da utilização de projetos em Arquitetura	64
Figura 4.3.2.III - Status social do Arquiteto na história	64
Figura 4.3.IV A B C - Modelos Evolutivos do Profissional Arquiteto	66
Figurar 4.3.2.V - Informação e Tecnologia	67
Figura 4.3.2.VI - Efeitos da tecnologia nas organizações	68
Figura 4.3.2.VII - Modelo de processos em Arquitetura	68
Figura 4.3.2.VIII - Processo de Critérios	69

Figura 4.3.2.IX - Resumo evolutivo do Arquiteto	<b>69</b>
Figura 4.3.2.X - Arquitetura Inteligente	<b>70</b>
Figura 4.3.2 XI - Tecnologia e Informática em Arquitetura	<b>71</b>
Figura 4.3.2. XII – Estrutura de uso do Custo Ciclo de Vida em edifícios	<b>72</b>
Figura 4.3.2. XIII – Três dimensões do edifício sustentável	<b>72</b>
Figura 4.3.2. XIV – Diagrama esquemático de iniciativas em Edifícios Inteligentes	<b>73</b>
Figura 4.3.3.I – Exemplo computadorizado do uso do ACV	<b>75</b>
Figura 4.3.3.II - Valores reais de aplicações de inovações do ZEDfactory	<b>76</b>
Figura 4.3.3.III – Modelo Virtual Típico	<b>77</b>
Figura 4.3.3.IV - Componentes de sistema de geração eólica	<b>77</b>
Figura 4.3.3.V - Componentes fotovoltaicos	<b>77</b>
Figura 4.3.3.VI – Componentes vertical de geração de energia eólica	<b>78</b>
Figura 4.3.3.VII – Componente horizontal de geração de energia eólica	<b>78</b>
Figura 4.3.3.VIII – Coletores solares	<b>79</b>
Figura 4.3.3.IX – Interior e Exterior de uma Arquitetura Inteligente	<b>80</b>

## RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela - 4.2.I - Valores das oposições entre lugar e tecnologia

53

## Relação de Siglas

<b>ACV</b>	Análise do Ciclo De Vida
<b>BAS</b>	Building Automation System
<b>CASBEE</b>	Comprehensive Assesment Building Environmental Efficiency
<b>CEI</b>	Central do edifício inteligente
<b>CV</b>	Ciclo de Vida
<b>EEM</b>	Eficiência Energético-Material
<b>HVAC</b>	Heating, Ventilation And Air-Conditioning System
<b>LEED</b>	Leardship in Energy & Environmental Design
<b>LCD</b>	Life Cicle Design
<b>MEM</b>	Metabolismo Energético Material
<b>MSE</b>	Metabolismo Sócio-Econômico
<b>MSIR</b>	‘Magnitude Of Systems’ Integration
<b>P&amp;D</b>	Pesquisa & Desenvolvimento
<b>POE</b>	Post-Occupancy Evaluation Process Model
<b>PromisE</b>	Finnish Environmental Assessment and Classification System
<b>QEM</b>	Quality Environmental Modules

# 1. INTRODUÇÃO

Atualidade, modernidade e contemporaneidade são sinônimos marcantes da crítica sobre o comportamento e a dinâmica da sociedade, no século XX. A idéia de historicidade e seus reflexos são questionados no tempo presente. A história da sociedade não se compõe, apenas, de fatos observados em uma linha atemporal de sua ocorrência. A compreensão da atualidade é organizada e sistematizada construindo temas vigentes e apreendidos pelas instâncias *ambientais, científicas, arquitetônicas, econômicas e culturais*. A atualidade é arrebatada por uma consciência coletiva, ergue-se sobre seu próprio tempo. E sua forma material projeta-se na arquitetura individual e coletiva. A transparência dos fatos históricos perpassa a forma de seus habitantes através de seus casulos de morar, trabalhar e alegrar-se. E no vislumbamento moderno o ser humano é levado a absorver para dentro de si o exterior apresentado. A construção civil elabora a arquitetura a se mostrar. Em tempos modernos a arquitetura enquadra-se em situações incompatíveis com as respostas do homem contemporâneo.

O impacto físico de origem antropomórfica mais significativo sobre o meio ambiente é o habitat humano. A afirmação abaixo auxilia o entendimento dessa idéia:

Se refletirmos em torno à idéia de habitar, esta tarefa se nos apresenta como muito ampla, porque habitar é, de qualquer modo, a maneira como os homens estão sobre a terra, de fato, quando dizemos que o homem habita em sua própria casa afirmamos, e isto é óbvio para todo arquiteto, algo incompleto pois o homem habita também no lugar de seu trabalho, na rua que percorre, nos bares, nas lojas, e inclusive em lugares aparentemente alheios à arquitetura; em todo caso, é evidente que o fato de habitar é aquilo que preside todo projetar e todo construir. E construir é de certa maneira, “produzir lugares como objetos, regulamentar a nossa estância em meio às coisas (GREGOTTI, 1972, p.49).

A escala estática e dimensional do habitat causa taxas altíssimas de consumo energético durante sua produção e permanência de seus habitantes. Nos Estados Unidos a energia utilizada para calefação, ar condicionado, iluminação e ventilação representam 40% do total dos combustíveis fósseis utilizados. Segundo dados do Worldwatch Institute, a construção de edifícios consome 40% de pedra, cascalho e areia; 25% de madeira

virgem; 40% de energia e 16% de água utilizada por ano no mundo. Segundo Arena (2005) o impacto ambiental negativo causado pelas edificações utilizando recursos naturais e acumulação de resíduos durante a construção, demolição e reformas contribuem para o aquecimento global, chuva ácida e diminuição da camada de ozônio.

O surgimento de uma linguagem projectual - com elementos históricos e conceituais de tecnologia na arquitetura marcados pela inovação tecnológica e análise da composição material e sua consequência na ocupação do meio ambiente pelo habitat humano -, foi a base para ‘*propositar*’ três esferas de comparações e aproximações com o intuito de sintetizar um eixo taxonômico (a Arquitetura Inteligente), e assim organizar o texto e o título como ‘Três Proposições em Arquitetura Inteligente no Contexto Sustentável’.<sup>1</sup> Neste momento cabe explicitar que a forma proposição segundo Foucault é:

Trata-se de uma identidade global e de natureza: a proposição é uma representação; articula-se segundo os mesmos modos que ela; mas compete-lhe poder articular, de uma forma ou de outra, a representação que articula outra, com uma possibilidade de desnível que constitui ao mesmo tempo a liberdade do discurso e a diferença das línguas (FOUCAULT, 2002, p. 138).

Os modos de organizar o pensamento, no século XX, tomaram forma com as seguintes escolas: o **formalismo**; em seguida o **estruturalismo**; que identifica o signo como componente do discurso, levando à semiótica da semiologia; em seguida Foucault propõe a **Análise do Discurso** que consegue viabilizar uma compreensão da maneira de criar e ordenar uma linguagem ao entender seus componentes e sua cadência de significados.

Desta maneira foi possível aproximar linguagens diferentes para formar os conteúdos da Arquitetura Inteligente (descritos na proposição I) e os Novos conteúdos em Arquitetura

---

<sup>1</sup> Segundo o dicionário Houaiss os sinônimos para proposição podem ser: apresentação, exposição, intento, lembrança, promessa, oferecimento, proposta, requerimento, sugestão. “A proposição é para a linguagem o que a representação é para o pensamento: sua forma, ao mesmo tempo mais geral mais elementar, porquanto, desde que a decomponhamos, não reencontraremos mais o discurso, mas seus elementos como tantos materiais dispersos. Abaixo da proposição encontram-se palavras”. (FOUCAULT, 2002, p. 128). “É a proposição, com efeito, que destaca o signo sonoro de seus valores imediatos de expressão e o instaura soberanamente na sua possibilidade lingüística”. (FOUCAULT, 2002, p.129).

Inteligente (descritos na proposição III).<sup>2</sup> O conceito de **Arquitetura Inteligente** será montado e utilizado por abranger o uso de **inovação tecnológica** em Arquitetura, e o termo Edifício Inteligente específico ao uso de sistemas de automação.<sup>3</sup>

Para contribuir por uma Arquitetura Sustentável o objetivo desta dissertação é caracterizar as maneiras projectuais em Arquitetura Inteligente utilizando inovações tecnológicas que possam diminuir o impacto ambiental causado pelo habitat humano. O desenvolvimento da dissertação dividi-se em três proposições.

O objetivo da Proposição I é fazer a relação sistêmica projectual abordada na Proposição II e por Gregotti (1972), a fim de contextualizar o uso de tecnologias que possibilitem a diminuição dos impactos ambientais causados pela ação antrópica. O funcionamento do Edifício Inteligente pelo monitoramento, exemplificado na proposição I, mostra de maneira esquemática a interação entre inteligência predial e espaço. A representação esquemática da locação dos sensores e seu funcionamento ilustram o funcionamento da tecnologia com o espaço e seu uso. E os resultados podem ser analisados pelos gráficos exemplificados. Essa tecnologia esquematiza a Arquitetura Inteligente e sua estrutura está na figura 4.3.2.XIII. A ecologia sustentável, economia sustentável e cultura e sociedade sustentável são o tripé da Arquitetura Inteligente capazes de direcionar as pesquisas de tecnologias inovativas neste novo contexto em que se deve inserir a Arquitetura.

A importância da proposição I é o esquema didático proposto pelos autores Rutishauser, Joller e Douglas (2005) quanto ao funcionamento de inteligência artificial utilizado em

---

<sup>2</sup> Esta dissertação estrutura-se, basicamente, na formulação de três proposições que constituem o desenvolvimento da dissertação.

<sup>3</sup> O termo *Edifício inteligente* designa o uso de sistemas de automação em Arquitetura. E *Arquitetura Inteligente* é o sistema taxonômico estruturado no uso de sistemas de automação, como mostra a proposição I, e com o intuito de fazer uma Arquitetura sustentável pelo uso de inovações tecnológicas, ver proposição III. O termo *Arquitetura Inteligente* contextualiza o uso de tecnologias de inteligência artificial. O conceito de inteligência artificial segundo o dicionário Houaiss é: o ramo da informática que visa dotar os computadores da capacidade de simular certos aspectos da inteligência humana, tais como aprender com a experiência, inferir a partir de dados incompletos, tomarem decisões em condições de incerteza e compreender a linguagem falada, entre outros.

edifícios, o que os define como edifícios inteligentes. Assim, a lógica deste funcionamento compreende a aplicação do monitoramento e controle para uma análise ambiental capaz de minimizar os danos causados ao meio ambiente no tempo de vida útil da edificação, e podendo incorporar inovações tecnológicas na forma de tecnologia ou racionalização do espaço. Observe-se então que:

A complexidade deste objetivo, a amplitude e as possibilidades de intervenção e das diferentes técnicas utilizadas, tendem, hoje, como vimos, a dotar o projeto arquitetônico, em todos os seus níveis, de uma particular plenitude de quase objeto e a instituir, portanto, em seu interior, uma metodologia de controle particularmente delimitada, esta metodologia tende a classificar as invariantes tipológicas, morfológicas e tecnológicas sedimentadas pela experiência disciplinar, a formalizar seus sistemas de relação, a classificar os mesmos sistemas de relação segundo números finitos, a convencionalizar os métodos de representação a fim de explorar ao máximo os sistemas de elaboração mediante modelos quantificáveis, os quais constituem, nas outras ciências, o método fundamental da organização do saber (GREGOTTI,1972,p.17).

O objetivo da proposição II é revelar as pesquisas de Arquitetura Inteligente por formas e estruturação da dinâmica sistêmica social. A Arquitetura necessita de um monitoramento e controle para conseguir atingir um nível de sustentabilidade; monitoramento e controle fazem parte de Edifícios Inteligentes; e Arquitetura Inteligente é uma expansão dos Edifícios Inteligentes em Arquitetura, como se explica a seguir:

En primer lugar, el desarrollo del hábitat, por su escala y permanencia, representa el impacto físico más significativo sobre el ambiente natural. [...] El eventual agotamiento de los combustibles fósiles sumado a los impactos ambientales adversos que su uso masivo está causando, plantean la necesidad impostergable de comenzar a implementar estrategias para controlar y eventualmente revertir los procesos de deterioro que se están produciendo (ARENA, 2005, p.221).

A proposição II contextualiza Arquitetura em relação aos paradigmas do século XX e XXI. A quantificação de massa utilizada na produção industrial demonstra a relação

sistêmica social<sup>4</sup> existente na rede de consumo e produção de produtos industrializados que podem afetar negativamente o meio ambiente.

No contexto da dissertação os conceitos da proposição III sobre a ACV (Análise do Ciclo de Vida) aludem ao conteúdo de pesquisas baseadas no ciclo de vida dos materiais, pois a análise é uma ferramenta e o ciclo de vida é a referência que se faz ao ciclo que envolve a criação e a produção de um produto seja ele industrializado ou não e seus impactos ao meio ambiente.

O objetivo da Proposição III é descrever de maneira sistemática os elementos utilizados em Arquitetura capazes de integrarem um conjunto de inovações e serem reconhecidos como novos conteúdos em Arquitetura Inteligente. Os novos conteúdos são os elementos arquitetônicos inseridos na taxonomia da Arquitetura Inteligente imbuídos de valor inovativo. Sendo que a diminuição de impactos ambientais ampliam o valor social agregado<sup>5</sup> aos elementos para dar início à demanda por novos elementos tecnológicos utilizados pela Arquitetura, tornado-a uma Arquitetura Sustentável. E a todo esse processo<sup>6</sup> denomina-se Arquitetura Inteligente.

O espaço pode ser compreendido de diferentes maneiras antes de sua ocupação. Para Moore (2001) a tendência das próximas gerações será utilizar a tecnologia para minimizar os danos causados pela ocupação do espaço pelo ser humano.

A proposição III foi dividida em três subtemas: *aplicação do ciclo de vida em situações projectuais, inovação tecnológica e arquitetura e novos conteúdos em Arquitetura Inteligente*. O primeiro subtema aborda os conceitos de ciclo de vida dos

---

<sup>4</sup> O estudo sistêmico social foi escolhido por se tratar de uma análise dos aspectos de desenvolvimento sustentável pelo foco da massa utilizada na cadeia produtiva. O desenvolvimento sustentado sob essa ótica pode ser quantificado e analisado sob o aspecto social da globalização e crescimento econômico (tópicos não analisados nesta dissertação, pois o estudo sistêmico aborda uma relação sistêmica, ou seja, uma interação entre o mundo micro e macro, tanto biológico quanto econômico.

<sup>5</sup> Estes valores são qualificativos e quantitativos que consideram a massa utilizada na produção em relação à sustentabilidade.

<sup>6</sup> O processo da Arquitetura Inteligente torna-se cíclico ao iniciar: utiliza-se uma tecnologia menos impactante (com o valor social agregado) o próximo passo após Análise do Ciclo de Vida é a utilização de uma tecnologia ainda menos impactante ou invenção de outra (inovação tecnológica).

materiais utilizados na Arquitetura e no Design, e suas conseqüências no processo de criação e utilidade do objeto proposto pelos profissionais. O *segundo* mostra a relação entre inovação tecnológica, seu conceito e a relação que o espaço habitado pode ter com a tecnologia e o lugar situado – o conceito de habitar será compreendido como fazer uso da tecnologia frente ao entendimento do lugar a ser ocupado. O *subtema* três foi dividido em três subitens para melhor explorar seus conceitos intrínsecos: *ciclo de vida sob as normas ISO*, *ciclo de vida e produtos industrializados* e *ZEDfactory – ciclo de vida e Arquitetura*.

Os subitens mostram respectivamente: os conceitos, aplicação e exemplos do ciclo de vida nas normas ISO; exemplifica a metodologia e combinação gráfica de resultados para escolha entre dois produtos; e o último mostra atualização de inovações tecnológicas adaptadas à forma arquitetônica capazes de responder positivamente, ou seja, com menos impacto a ocupação do habitar humano pelo uso da tecnologia em Arquitetura. Por este exemplo compreende-se a resposta positiva de uma Arquitetura Inteligente, em que o ser ocupa seu lugar utilizando a tecnologia inovativa respondendo a uma demanda social que é o a problemática ambiental no início do século XXI (ver figura 4.3.1.IX). E essa figura resume em imagens a criatividade e tecnologias inovativas, dando forma a Arquitetura Inteligente, constituindo um cenário com signos sustentáveis em Arquitetura.

## **2. PROPOSIÇÃO I: O ESTADO DA ARTE EM ARQUITETURA INSERE-SE EM CONCEITOS DE ARQUITETURA INTELIGENTE**

Nesta proposição são descritos conceitos e análises sobre Edifícios Inteligentes. Sendo esses associados à utilização de sistemas de automação (controle e monitoramento), em Arquitetura. Porém, o objetivo desta proposição é identificar a **Arquitetura Inteligente** de maneira mais abrangente além de sistemas de automação na edificação. Os elementos que constituem esta proposição são: os conceitos e exemplos de tecnologias utilizadas em Edifícios Inteligentes, e o significado da Arquitetura Inteligente (como um estado de arte em arquitetura capaz de agregar valores sustentáveis ao controle e monitoramento). Assim a taxonomia gerada pelo Edifício Inteligente, ver figura 2.I, e o exemplo de uma tecnologia de controle e monitoramento, ver figuras 2.II.A a 2.VII, ilustram a potencialidade de reconhecimento do ambiente construído e sua interferência no ecossistema.

O sistema de automação está inserido em conceitos de **tecnologia** e **inovação tecnológica** – ver proposição III, e a **inovação tecnológica** pode surgir por uma demanda social – figura 4.2.III. A sociedade contemporânea tem como característica principal a insustentabilidade ambiental e interdisciplinaridade de saberes consegue abordar os problemas econômicos sociais relacionados à degradação do meio ambiente.

O fazer Arquitetura respondendo objetivamente a redução dos impactos ambientais, na sociedade contemporânea, estão insuficientes e os fatores que causam o aumento desses impactos são diversos. Os efeitos do aumento relacionados à **tecnologia** em Arquitetura podem ser analisados na cadeia construtiva. Assim o estudo do **ciclo de vida** dos materiais estrutura de uma maneira organizada a influência dos materiais utilizados em Arquitetura como um fator preponderante para diminuição dos danos causados à natureza.

O Edifício Inteligente utiliza sistemas de automação e estes são sistemas de monitoramento e controle. A Arquitetura necessita de um monitoramento e controle – o estudo do ciclo de vida, que dará origem aos chamados “edifícios verdes” –; para uma

Arquitetura Sustentável, a Arquitetura capta o conceito de automação – o que caracteriza o nome inteligente em edificações –; tornando-se uma **Arquitetura Inteligente**.

Segundo Wong; Li e Wang (2005) o estudo de edificações inteligentes consegue estimular o desenvolvimento de pesquisas de informação e sofisticados controles para o bem estar dos ocupantes de uma edificação. O foco dos estudos é o desenvolvimento tecnológico e o desempenho de metodologias avaliativas para o uso de sistemas de automação na edificação. No entanto existem poucos dados que consolidam as informações quanto ao estágio do desenvolvimento da edificação inteligente, o que dificulta as pesquisas e utilização desses sistemas pelos projetistas e construtores. Outros fatores inibidores do uso de edifícios inteligentes é o alto custo dos profissionais capazes de conceber um projeto do edifício inteligente e das instalações de automação.

Segue abaixo alguns conceitos gerais, de autores específicos, sobre edificações inteligentes apresentados por Wong; Li e Wang (2005):

- a. A idéia geral está centrada no aspecto e usos inseridos na **tecnologia**, utilizada;
- b. Para Cardin (apud WONG, LI, WANG, 2005), são ‘componentes de automação presentes no sistema de controle da edificação’;
- c. The intelligent Building Institution in Washington (1988): ‘é uma integração de vários sistemas que efetivamente respondem às pesquisas para maximizar: o desempenho técnico, investimentos e custos operacionais e flexibilidade’;
- d. Robathan, Loveday, Preiser, Schramm, Wigginton, Harris (apud WONG, LI, WANG, 2005) sugerem que são respostas requeridas pelos usuários;
- e. Clements-Crome (apud WONG, LI, WANG, 2005) seria o sistema de serviços e processo construtivo da edificação que se relaciona com o bem estar dos seres humanos; e
- f. DEWG (apud WONG, LI, WANG, 2005) edificações inteligentes não estão relacionadas apenas com tecnologia da informação que os ocupantes precisam utilizar.

Para Wong; Li e Wang (2005), o ambiente construído afeta o bem estar e o conforto dos seres humanos que trabalham nesses espaços construídos e por consequência afetam a

produtividade, satisfação e moralidade. O conceito de inteligência predial acentua a multidisciplinaridade exigida para integrar e aperfeiçoar as estruturas, os sistemas e os serviços necessários na constituição do ambiente ocupado e utilizado. A *'habilidade de aprendizado'* e *'desenvoltura da adaptação do ambiente por seus ocupantes'* resume o conceito de inteligência predial. Isto significa a capacidade de aprendizado e ajustamento das necessidades dos ocupantes e do espaço construído e não o uso individual, ou organizacional e ambiental requerida por esse espaço.

Há duas vertentes bem distintas do corpo profissional que compreende o edifício inteligente: o *The Intelligent Building Institute of the United States* e o *European Intelligent Building Group*. O primeiro considera a otimização da produtividade e custos efetivos do ambiente construído contendo quatro elementos básicos: estrutura, sistemas, serviços, gerenciamento e interrelação entre eles. E o segundo define como maximização eficiente pelos usuários do ambiente construído como advindo do gerenciamento dos recursos do custo de vida útil dos hardwares e instalações utilizados. O primeiro grupo concentra-se na **tecnologia** em si, enquanto o segundo na **solicitação de seus usuários**. A Edificação Inteligente pode estar associada à capacidade cognitiva de seus ocupantes, e não apenas na **tecnologia** que o constitui.

Para muitos autores Edifícios Inteligentes são os sistemas de interação e integração dos serviços de subsistemas do edifício. *Sistema de integração* para Wong; Li e Wang (2005) é o processo de sistemas conectados: ferramentas e programas que em conjunto com a arquitetura formam um corpo de diferentes possibilidades de transformações de dados.

Para Arkin e Paciuk (apud WONG, LI e WANG, 2005) Edifício Inteligente é a integração de vários sistemas: o *sistema de integração* e a estrutura do edifício. Assim, o sistema de inteligência predial, por exemplo, pode ser a interação entre:

- a. o alarme contra incêndio integrado com outros sistemas do edifício como o HVAC e BAS;<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Segundo Wong, Li, Wang (2005) Edificações Inteligentes possuem alguns níveis de sistemas de integração, como por exemplo: um nível é composto pelo sistema de controle, supervisão e coordenação,

- b. o sistema vertical de transporte com sistema de segurança para define o número de elevadores utilizados, nas rotas de fuga contra incêndio, acionando aberturas de porta por andar; e
- c. a interface do sistema de segurança com o de luz e HVAC ativando luz necessária para iluminar uma trajetória e ambientes específicos e ocupados.

As pesquisas mais recentes concentram-se no desenvolvimento de software de ferramentas para o diagnóstico da automação introduzindo *redes neurais, fuzzy logic, tecnologia base-inteligência-artificial, sensores e instrumentos de controle de detectores de seres humanos*.<sup>8</sup> Um programa envolvendo 10 universidades e diferentes instituições de pesquisa criaram uma metodologia, estratégia e aplicação, detecção de falhas e diagnósticos dos sistemas HVAC. Muitas pesquisas estão desenvolvendo *métodos de controle inteligente* para serem utilizados por sistemas de gestões prediais e otimizadores de energia e desempenho ambiental dos edifícios. A estrutura tecnológica dos sistemas de redes prediais está ficando tão popular que atrai a atenção de pesquisadores e industriários.

As pesquisas e desenvolvimento de tecnologias inteligentes são substanciais para o desenvolvimento do Edifício Inteligente. Pois cada novo resultado pode contribuir para uma nova situação em particular - dependendo da demanda e oferecimento de uma tipologia predial.

---

que são os **BAS** (Building Automation System), **SEM** (Energy Management System), **CMS** (Communication Management System) e **AO** (Office automation); e o outro são os sistemas de operação emergencial como o **HVAC** (Heating, Ventilation and Air-Conditioning), sistemas de iluminação, sistemas de proteção contra incêndio, sistemas de transporte vertical, sistemas de segurança e sistemas de comunicação.

<sup>8</sup> Segundo Rutishauser, Joller e Douglas (2005) *Redes neurais*: estudos para simular o cérebro humano; *fuzzi lógica* ou lógica difusa foi criada para representar as incertezas; os fatos podem não são absolutamente falsos ou verdadeiros, ela pode ser aplicada na constituição de sistemas especializados em descrever eventos imprecisos, como por exemplo: altura (alto ou baixo), velocidade (rápido ou lento), tamanho (grande, médio ou pequeno), quantidade (muito, razoável ou pouco), idade (jovem ou velho) etc; *tecnologia base-inteligencia-artificial* é o sistema que gera um algoritmo capaz de mostrar as tomadas de decisões em relação a um fato feitas pelo sistema de inteligência artificial, por exemplo, apagar as luzes quando o local estiver sem atividade humana, ver figuras 2.VI e 2.VII.

A avaliação do desempenho é fundamental para oferecer um *'feedback'* das funções e a performance dos materiais construtivos e futuros componentes da edificação. Os modelos de avaliação de desempenho foram desenvolvidos ao longo da década de 60 a 90 por: Manning, 1965, Markus, 1972, Preiser e Schramm no ano de 1997. Esses autores propuseram uma rede de avaliação do desempenho de integração predial entre *finalização da edificação, ciclo de vida*, incluindo *planejamento, projetos, programação, reciclagem e ocupantes*.

Existem estudos direcionados para a identificação dos critérios utilizados em Edifícios Inteligentes. Por exemplo, o POS (Pos-Occupancy Evaluation Process Model) é dividido em três fases: o primeiro é o desenvolvimento de dados compatíveis na fase conceitual; o segundo aplica e introduz testes com instrumentos avaliativos dos edifícios e o terceiro compara os dados coletados e desenvolvidos que são recomendados em uma lista para utilização por todo o mundo através de um instrumento de conjunto de dados. Schramm (apud WONG, LI, WANG, 2005) considera o POE como um modelo de avaliação de edifício inteligente. O autor sugere que o modelo pode avaliar, por um longo tempo, em uma base contínua de dados, pois o POE apresenta um desempenho de alta-tecnologia e possui grande efeito sobre seus ocupantes tão bem como um sistema geral.

O Intelligent Buildings Europe Work relaciona cinco categorias de fatores, os quais combinam toda a avaliação, na produção, adequando a inteligência do edifício que é submetido. Arkin e Paciuk (apud WONG, LI, WANG, 2005) desenvolveram o MSIR – ‘Magnitude of Systems’ Integration – o qual examina o nível do *sistema de integração* conforme os sistemas constituintes do edifício inteligente e as estruturas do edifício. Esta metodologia avaliativa pode ser usada apenas em comparação com um único aspecto da edificação inteligente o que possibilita a criação de uma base de dados para avaliar os sistemas de integração de edifícios inteligentes.

Seguem abaixo alguns problemas apresentados pelos modelos para avaliar o desempenho dos edifícios inteligentes:

- a. inconsistência entre o índice da avaliação final e necessidades humanas;

- b. avaliações diferentes em termos de prioridades dos elementos que cada indivíduo utiliza para projetar um edifício inteligente; e
- c. escolha arbitrária de elementos que podem ser importantes ou não para integrarem os sistemas

Os investimentos em análises de avaliação reduzem os custos operacionais administrativos e conseguem aumentar o conforto dos usuários oferecendo tecnologias avançadas e eficientes.

Os modelos com maior objetividade e com dados referentes às intenções do construtor são mais aceitos pelos investidores em comparação aos modelos de dados numéricos do desempenho do Edifício Inteligente. A implantação de uma edificação possui custos elevados, o construtor aceita os modelos relacionados aos dados de suas intenções e não os dados sobre a qualidade em si do edifício inteligente para poder investir neste tipo de tecnologia. Assim, as pesquisas relacionadas à *avaliação de sistemas de integração* de Edifício Inteligente estão avançando em direção aos *modelos relacionais* entre os dados de intenção do objeto construído e o custo operacional. A empresa avalia a utilização ou não de *sistemas de integração* para tornar o seu empreendimento em uma edificação inteligente relacionado-a com prospecção intencional anterior à construção e não em relação à gama de possibilidades e projeções de ordem inovativa que o Edifício Inteligente pode proporcionar ao usuário.

Após apresentação e análise dos conceitos propostos por diferentes autores e instituições, Wong, Li e Wang (2005) formularam dois níveis estratégicos para definir Edifícios Inteligentes, mostrados anteriormente no texto. O primeiro nível é o QEM / M1-M10 – Quality Environmental Modules<sup>9</sup>. O segundo nível compreende a solicitação quanto à funcionalidade, o espaço utilizado e a tecnologia. Os módulos de M 1 a M 10 são:

- a. M 1 - conservação ambiental e energia;
- b. M 2 - funcionalidade dos espaços;

---

<sup>9</sup> Quality Environmental Modules pode ser entendido como Módulos de Qualidade Espacial (tradução livre do autor).

- c. M 3 - custos – operacionalização;
- d. M 4 - conforto humano;
- e. M 5 - eficiência produtiva;
- f. M 6 - segurança – contra incêndio, terremoto, desastre e danos estruturais etc.
- g. M 7 - cultura;
- h. M 8 - imagem de alta tecnologia;
- i. M 9 - processo construtivo e estrutural;e
- j. M 10 – saúde e saneamento.

Uma definição clara e sintética do conceito de Edifício Inteligente ajuda os profissionais a desenvolver e direcionar seus estudos com maior objetividade para construir uma edificação com alto desempenho em inteligência predial oferecendo maior qualidade para seus usuários e investidores. Visto as diversas vertentes relacionadas ao tema, por isso a importância do QEM. A figura 2. I ilustra uma taxonomia para identificar como são realizadas as pesquisas dos Edifícios Inteligentes. A principal instância está na Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), que são alimentados por: Avaliação de Investimentos, Avanços Tecnológicos e Avaliação de Desempenho. A Avaliação de Investimento é anterior à construção e a Avaliação do Desempenho, após a construção da edificação.

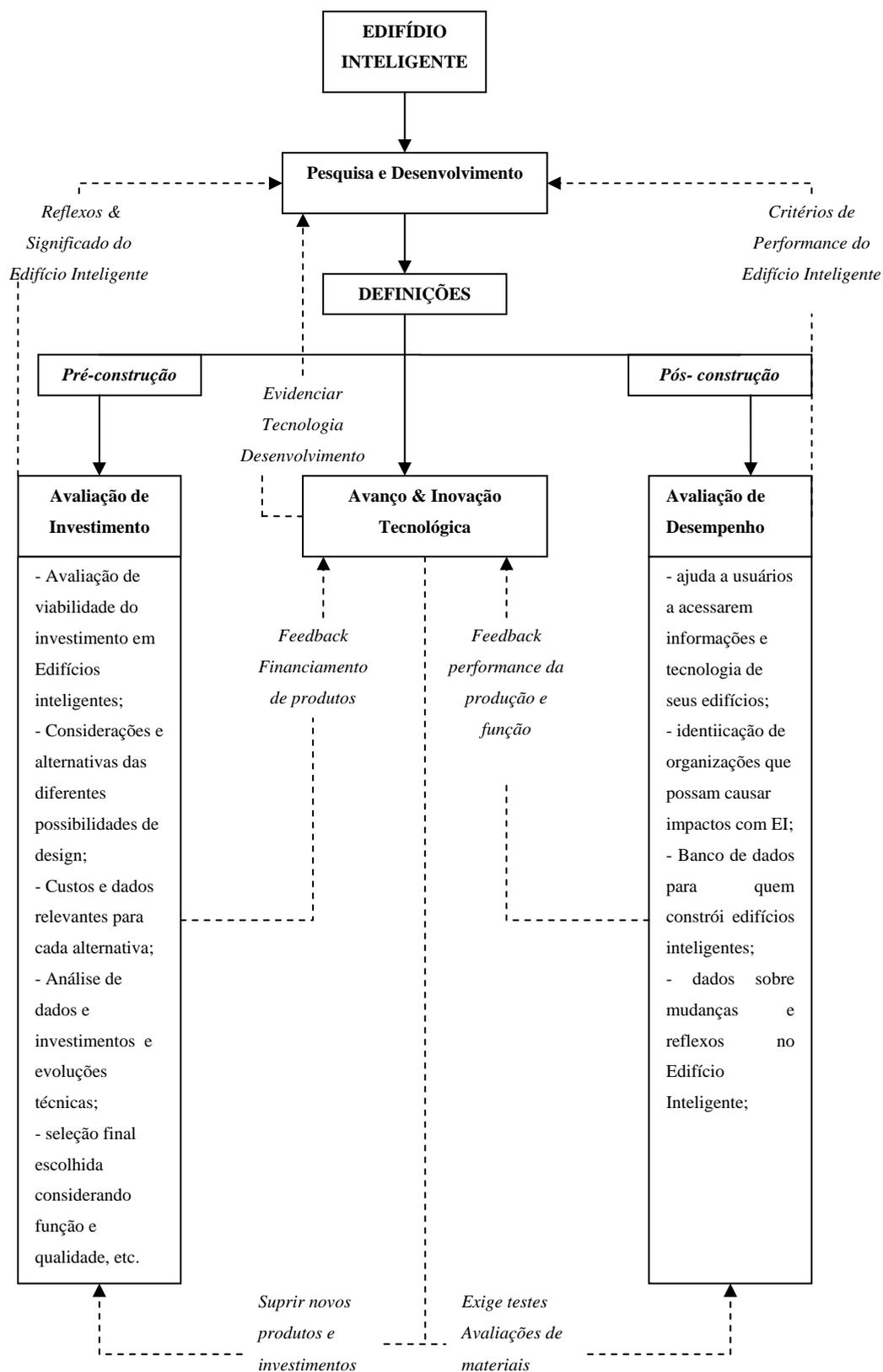


Figura 2 I - Taxonomia de Pesquisa em Edifícios Inteligentes

Fonte: WONG, LI, WANG, 2005

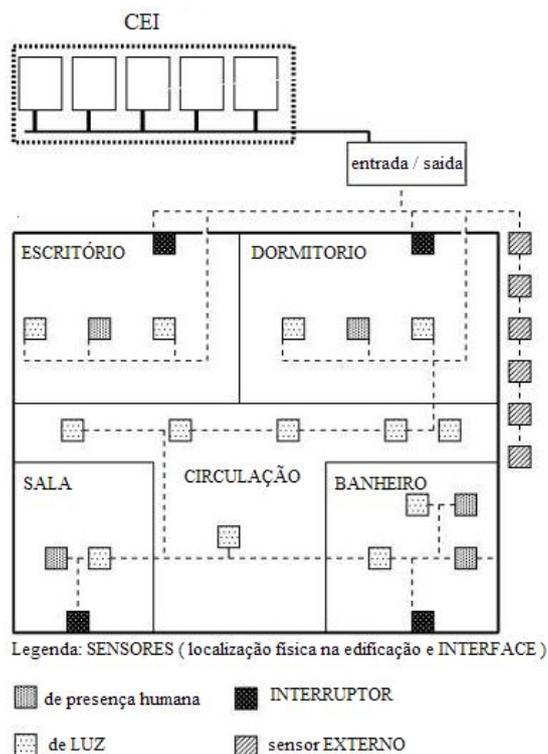
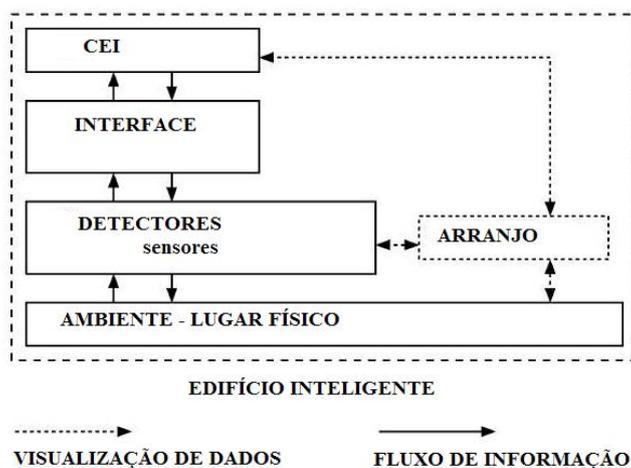
A ênfase das pesquisas em arquitetura de moradias e espaços para realização de trabalhos profissionais individuais ou coletivos, segundo Utishouser, Joller e Douglas (2005) está relacionada com a reconfiguração da dinâmica e funcionalidade dos espaços, de acordo com as necessidades de conforto, e preferências dos usuários. Para isto acontecer faz-se necessário que o ser humano especifique e aprimore os dados requisitados para as demandas de novas edificações com inteligência, satisfazendo, assim, os usuários e a intervenção humana.

O estudo de Rutishouser, Joller e Douglas (2005) mostra a criação de um algoritmo capaz de identificar e interpretar a performance do consumo de energia, em tempo real, pelos usuários de uma edificação. A criação avaliativa e de identificação exemplifica uma pesquisa na área de sistemas de automação em Edificação Inteligente por meio de gráficos e textos que descrevem as possibilidades inovativas que agregam valores no campo da automação resolvendo problemas de excesso de consumo de energia e oferecendo conforto, facilidade e bem estar na ocupação dos espaços. As figuras 2. II a 2.VII foram desenvolvidas para explicar como funciona a locação de um sistema de automação de automação com o comando **Central do Edifício Inteligente (CEI)** que monitora esse sistema em conjunto com outros sistemas. As figuras foram desenvolvidas para a aplicação do algoritmo, no entanto elas exemplificam, como um todo, o funcionamento de Edifícios Inteligentes.

Para Utishouser, Joller e Douglas (2005) a interação do usuário não se faz diretamente na regulação e adaptação de mudança de temperatura e uso do espaço, mas, através de detectores (ver figura 2.II A) que mostra a estrutura básica de funcionamento de um Edifício Inteligente e a parte central é o CEI – **Central do Edifício Inteligente**.

A figura 2.II.B é a **Planta Tipo** da implantação do sistema em um pavimento tipo da edificação onde as informações serão recebidas por sensores colocados no ambiente. Essa figura mostra um ambiente com algumas variações funcionais: locais fechados e independentes e corredores de acesso e circulação. A cada situação nova pela leitura no estágio **Planta Tipo**, figura 2.II.A, o estágio **Interface** será acionado e as informações serão processadas na **CEI**. Pode-se ter como exemplo de situações novas: quantidade de pessoas em um determinado espaço, presença ou ausência de usuários, tipo de atividade exercida – leitura, banho, atividade física, atividade manual desenvolvida em mesa de

trabalho, equipamentos utilizados, quantidade de equipamentos, tipos de equipamentos, etc.



48

Figura 2.II.A – Estrutura organizacional do Edifício Inteligente . B – Planta Tipo

Fonte: RUTISHAUSER, JOLLER, DOUGLAS, 2005

Os autores Rutishauser, Joller e Douglas (2005) comparam os sistemas de automação na edificação com **Edifício Inteligente; inteligência humana, animal e robótica**. Por considerar o Edifício Inteligente nesse estudo como sendo uma dinâmica da interação

entre o ser humano e o espaço o estudo limitou-se em obter resultados relacionados a satisfação dos usuários e descartou os resultados sobre a escolha e adaptação do usuário às necessidades em relação ao ambiente. A complexidade envolvida na estrutura do funcionamento do Edifício Inteligente - ver Fig. 2.II.A - possui subestruturas independentes e interrelacionais ao conjunto em que estão contidas. A figura 2.III. mostra a interrelação dos dados adquiridos na **Planta Tipo**, através de sensores, com a subestrutura dos **Dispositivos de Controle** - dados sobre situações novas.

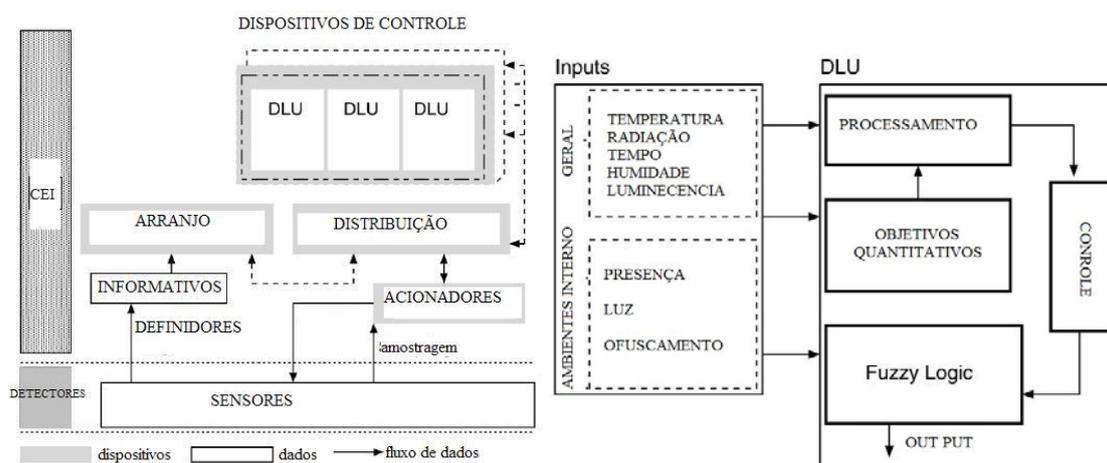


Figura 2. III.A – Interação interna da Planta Tipo. B – Controle Lógico

Fonte: RUTISHAUSER, JOLLER, DOUGLAS, 2005

A complexidade da organização da informação e readaptação da edificação a situações novas pelo ambiente na fase **CEI** deve-se pelo *Fuzzy Logic* (Fig. 2.III.B) da eficiência exata para cada nova situação. A figura 2.IV mostra uma **Planta tipo** com os seguintes sensores: detector de presença, controle de luz, interruptore de luz e sensor externo.

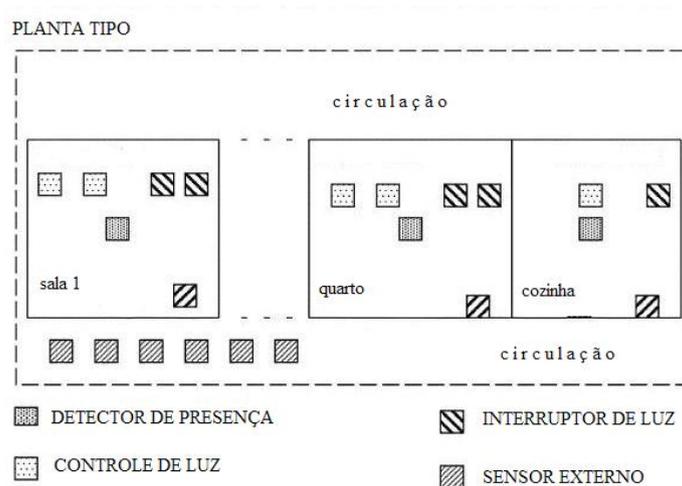


Figura 2.IV – Planta tipo com sensores

Fonte: RUTISHAUSER, JOLLER, DOUGLAS, 2005

Para ilustrar a hierarquia entre as subestruturas que formam o conjunto da **Planta Tipo** foi criada a figura 2.V, em cadência cada obtenção de dados, dos diferentes ambientes que possuem os sensores.

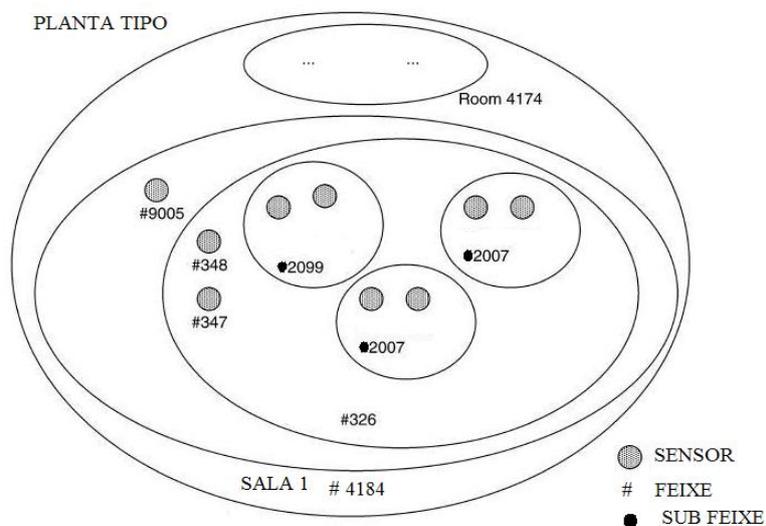


Figura 2.V – Conjunto de sensores da Planta Tipo

Fonte: RUTISHAUSER, JOLLER, DOUGLAS, 2005

A avaliação do desempenho da edificação ocorre em diversos contextos: uso de energia, conforto, segurança e outros. Para avaliação e desempenho dos dados obtidos a figura 2.VI apresenta a relação de algumas variáveis: fig. 2.VI. A - relaciona um gráfico entre os dados sobre sinal de presença e quantidade de luz e outro gráfico entre existência ou

*não de presença com tempo em horas*; a fig. 2.VI.B – DESEMPENHO C – 70h. C é uma variável que define o desempenho da edificação; e 1 é o valor máximo.

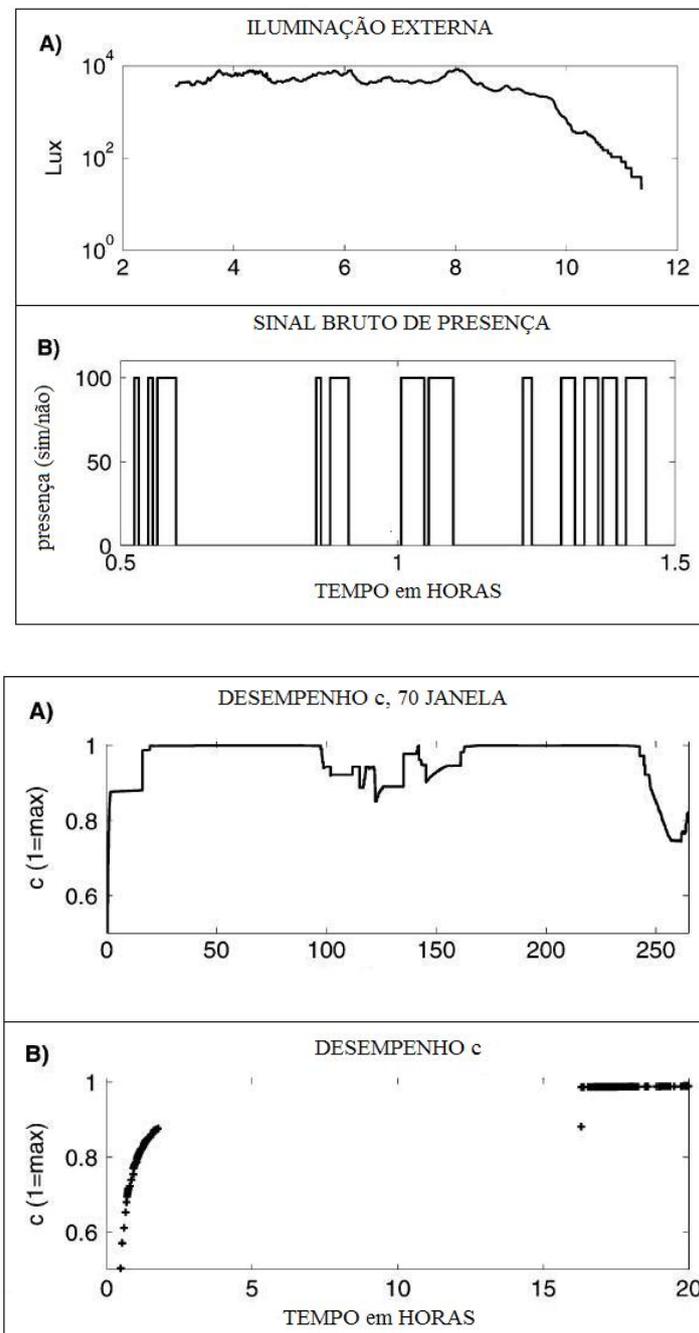


Figura 2.VI – A. Dados internos. B. Performance

Fonte: RUTISHAUSER, JOLLER, DOUGLAS, 2005

A figura 2.VII.A identifica por ambiente as decisões realizadas pela CEI em conjunto com os dias utilizados; e a figura 2.VII.B mostra a proporção entre a decisão e interação das subestruturas em relação a cada ambiente.

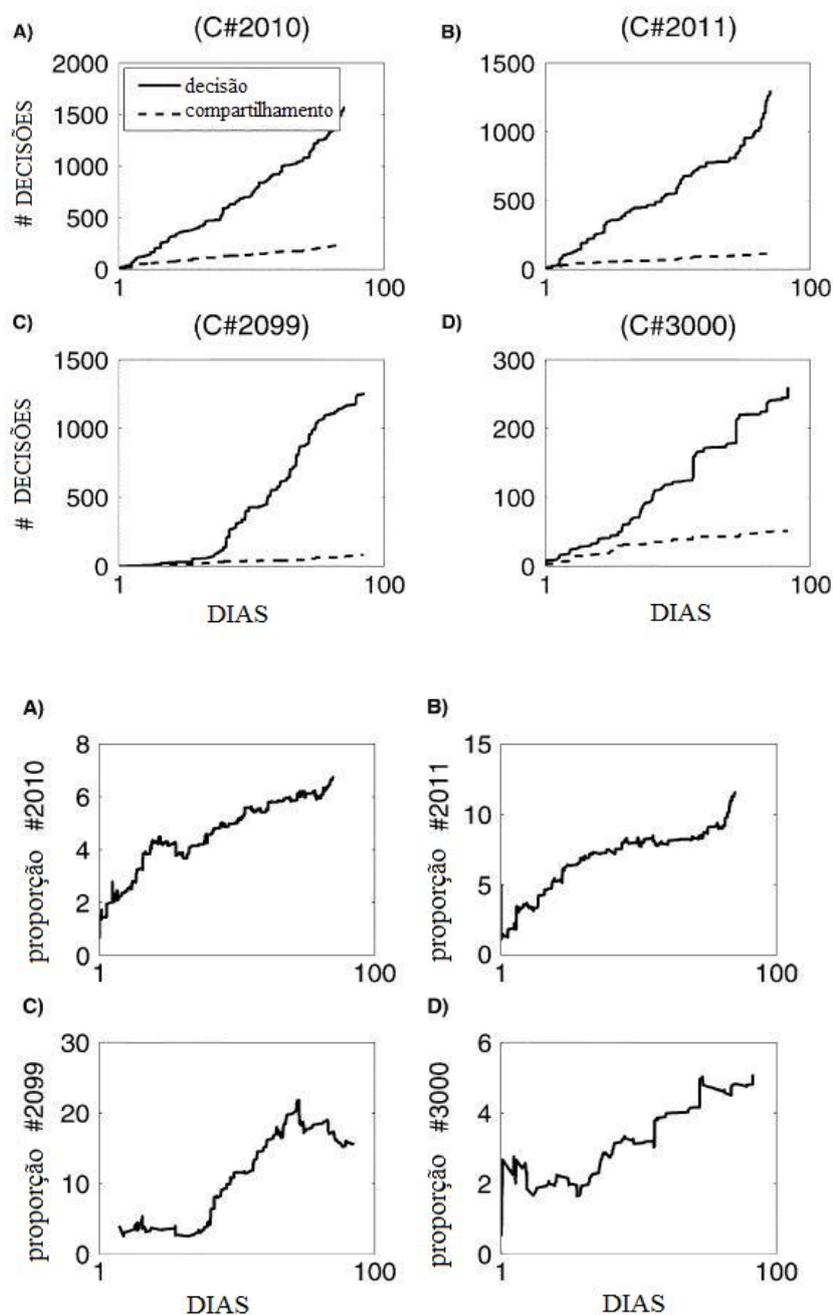


Figura 2.VII – A. Relação por ambiente das decisões e interações. B. Proporção numérica por ambiente entre as decisões.

Fonte: RUTISHAUSER, JOLLER, DOUGLAS, 2005

O exemplo de tecnologia de controle e monitoramento ilustrados pelas figuras 2. II a 2.VII serve como demonstração de sensores aplicados em um edifício construído capaz de entender e responder através de inteligência artificial a influência do ser humano ao ocupar um espaço, desde os condicionantes ambientais na edificação (por exemplo, insolação e ventilação) à demanda útil do espaço (por exemplo escritório e dormitório). Ressalta-se que esses exemplos não se aplicam a uma avaliação de impactos ambientais causado pela Arquitetura. Essa proposição aborda o conceito de Edifício Inteligente com o potencial de constituir-se de códigos sustentáveis e ao integrar esses códigos surge a possibilidade de resposta da tecnologia utilizada pela Arquitetura aos problemas ambientais. E esta seria a Arquitetura Inteligente no Estado da Arte em Arquitetura.

A proposição I mostra, portanto, os códigos da estrutura taxonômica da Arquitetura Inteligente. As outras proposições abordam respectivamente o Estudo Sistemático da Linguagem Cultural da Arquitetura e o Estudo do Ciclo de Vida dos Materiais em Arquitetura como Inovação Tecnológica. Assim, as três proposições mostram em cada uma de suas relações interiores a constituição da base do tema geral: a *inovação tecnológica, Arquitetura e sustentabilidade*.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> A proposição I mostrou como se encontra na Arquitetura o monitoramento e controle capaz de intervir em decisões no uso e ocupação do espaço utilizando a inteligência artificial.

### 3. PROPOSIÇÃO II - NO ESTUDO SISTÊMICO SOCIAL A LINGUAGEM CULTURAL DA ARQUITETURA CONVERGE PARA O SURGIMENTO DE “HABITAÇÕES VERDES” COMO SISTEMAS INOVATIVOS

Esta proposição refere-se ao estudo social como dinâmica sistêmica abordada principalmente por Fischer-Kowalsky (1998), obra que analisa o sistema econômico e o ecossistema como pontos centrais no paradigma entre ciências sócias e naturais. Sendo a forma sistêmica uma convergência de saberes – para observar os fluxos de matéria-prima utilizados pelas sociedades – pode-se compreender a quantidade de matéria que é explorada da natureza para consumo e riqueza das nações. O resultado do estudo citado mostra a incapacidade da natureza de renovar os seus recursos para dar continuidade ao consumo da sociedade, mantidos os níveis atuais tal consumo tem suas diferenças por fatores culturais os quais podem estar associados ao aspecto sócioeconômico e ao processo natural de colonização. Devido aos problemas ambientais estarem intrínsecos ao sistema sociocultural os *sistemas inovativos* utilizados (ver proposição III) em arquitetura converge para o surgimento de ‘habitações verdes’ – podendo ainda ser chamadas de Edifícios Verdes ou **Arquitetura Inteligente**.<sup>11</sup>

A interação entre o processo natureza-sociedade, segundo Fischer-Kowalsky e Weisz (1999), estrutura o metabolismo sócioeconômico e o processo natural de colonização. O primeiro é a relação entre fluxo de matéria-energia e natureza-sociedade. O processo natural de colonização é o processo de transformação da natureza utilizando várias formas inovativas, tais como: plantações, aplicações agroquímicas, consolidação de fazendas, processos de irrigação, engenharia genética e pecuária.

---

<sup>11</sup> O desenvolvimento do assunto sobre o estudo sistêmico social constitui a base estrutural taxonômica em linguagem Arquitetônica capaz de superar os impactos ambientais causados pela ocupação espacial humana. Para esta proposição o estudo sistêmico social possibilita o uso dos *sistemas inteligentes* dos Edifícios Inteligentes formarem o termo **Arquitetura Inteligente**, a fim de ampliar o uso de tecnologias inovativas não somente como sistemas constituinte do Edifício Inteligente, mas como possibilidades projetuais que podem formar o corpo da taxonomia da Arquitetura Inteligente.

A problemática – da relação natureza-sociedade com a estrutura descrita por Fischer-Kowalki e Weisz (1999) – está no conceito filosófico da ciência, entre natureza e ciência social. A interdependência entre sistema econômico e ecossistema seria o novo paradigma entre ciências naturais e sociais. E o conceito de desenvolvimento sustentável, em si, consegue fazer a ponte entre ciência natural e social, interagindo com o simbólico e a matéria, formado pela estrutura metabolismo sócio-econômico e o processo de colonização.<sup>12</sup>

O processo de transformação social causou mudanças na natureza. O metabolismo sócio-econômico mostra conceitos estruturais para entender os problemas ambientais relacionados aos problemas sócio-ambientais – o que seria a crise antropogênica ambiental, denominada por Fischer-Kowalki e Weisz (1999). A interação da sociedade com a natureza é conflitante, ambas possuem processos de transformações; a sociedade pelos valores culturais e econômicos e a natureza pelos ecossistemas. A crise antropogênica ambiental, como um novo paradigma, estrutura-se em forma de sistema a interação entre cultura, economia e ecossistema, para mostrar as conseqüências das ações humanas no meio ambiente e valorar a quantidade de massa utilizada pela sociedade para suas transformações sociais. Historicamente os valores entre os sistemas simbólicos (a cultura) e matéria utilizada no mundo são variáveis e não conseguiram adaptar-se naturalmente a capacidade de recuperação dos ecossistemas. Para Fischer-Kowalki e Weisz (1999) isso implica que a evolução cultural é anterior a adaptação antropológica.<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> No estudo sistêmico social apresentado pela autora Fischer-Kowalki (1998) aborda metabolismo sócio-econômico (MSE) como um índice de matéria-prima utilizada nos países em sua produção de bens materiais e de consumo e o início do processo de degradação ambiental pelo homem teve início no processo de colonização – causando transformações no meio físico e social (desequilíbrio sócio-cultural).

<sup>13</sup> No dicionário Houaiss o conceito de sistema em física térmica: sistema físico no qual é permitida a troca de energia e massa através da fronteira que o separa de sua vizinhança. O consumo de bens materiais tem início de sua cadeia produtiva na extração da matéria prima e a maneira e quantidade dessa exploração natural tem raízes na cultura de cada civilização. Os valores sociais e a quantidade medida em massa da matéria transformada não conseguiram acompanhar a readaptação dos ecossistemas a essa degradação. No entanto o estudo de Fischer-Kowalki e Weisz(1999) demonstra que a relação cultural com a natureza é anterior as adaptação do ser humano ao meio em que vive.

“Todas as tentativas de vislumbrar um desenvolvimento sustentável decorrem da esperança de poder combinar crescimento e desenvolvimento econômico com justiça social e domínio dos problemas ambientais” (Fenzl, 1998, p.5). Para tratar do conceito de desenvolvimento sustentável em sistemas abertos, Fenzl (1998), mostra a tendência dos estudos sobre sustentabilidade ambiental tendo como parâmetro a teoria de sistemas abertos. Fenzl (1998) cita três metas e objetivos básicos do desenvolvimento sustentável. Primeiro a taxa de consumo de recursos renováveis não deve ultrapassar a capacidade de renovação dos mesmos. Segundo a quantidade de rejeitos produzidos não deve ultrapassar a capacidade de absorção dos ecossistemas. Terceiro os recursos não renováveis devem ser utilizados somente na medida em que podem ser substituídos por um recursos equivalente renovável (FISCHER-KOWALSKI e HABERL, apud Fenzl, 1998).

Existem três categorias de sistemas físicos: isolados, fechados e abertos. Os sistemas abertos são de relevância para o desenvolvimento sustentável, por terem o seguinte conceito descrito por Fenzl (1998): os sistemas abertos trocam energia e matéria com seus ambientes. São os sistemas que dominam nos processos da evolução biológica e apresentam conceitos divergentes da visão newtoniana do universo, pois os sistemas abertos estão longe do equilíbrio, possui capacidade de auto-organização e se desenvolvem de maneira irreversível, assim, a probabilidade faz parte dos sistemas abertos para sua sobrevivência no futuro.

Caracterizando-se um conceito incomum da mecânica clássica pode-se relacionar o espaço interno com o espaço externo do sistema. Fenzl (1998) apresenta três dimensões de *espaço tempo* nos sistemas abertos. A primeira dimensão é a microscópica – descreve o espaço interno no nível dos elementos do sistema. A segunda é a mesoscópica – situa-se nas fronteiras estruturais do sistema – o plano intermediário. A terceira é a dimensão macroscópica, que está além das fronteiras estruturais do sistema.

A dimensão macroscópica é o ambiente em manutenção para a coerência estrutural do sistema. A coerência estrutural é a reprodução energético-material do sistema, o que seria o campo de interação. Deste modo sistemas abertos são formados por uma estrutura e um campo de interação e estes fazem parte de um plano de referência que é a fronteira estrutural.

Fenzl (1998) identifica os estudos sobre sustentabilidade a partir de um processo sustentável comparando – o a um sistema aberto, com características não-lineares, não-equilibrados, assimiladores de energia e matéria do seu ambiente relevante. O input utilizado mantém o funcionamento e organização interna do sistema os quais são obrigados a exportar os rejeitos. Esse processo é chamado de metabolismo energético material (MEM), que é uma característica dos sistemas auto-organizados, capazes de evoluir. Fenzl (1998) afirma que “os conceitos da teoria de sistemas somente tem sentido se forem relacionados a um sistema concreto”. O exemplo são as formigas:

Uma sociedade de formigas pode ser considerada um sistema. Neste caso, os elementos são as formigas e a coerência do comportamento entre elas forma a estrutura do sistema. A coerência é dinâmica; os elementos estão em movimento permanente e o sistema se transforma continuamente em tamanho e densidade, ou seja, na sua distribuição espaço-temporal. As formigas, entretanto não ocupam somente o espaço do formigueiro, senão também um determinado entorno relevante para sua reprodução. Este entorno sofre influência da atividade das formigas, mas ao mesmo tempo impõe ao sistema determinando limites e condições de sobrevivência. Esta região é chamada campo de interação. O espaço além das fronteiras deste campo é o espaço externo ou a rede do sistema. Falar em sistema ou em elemento somente tem sentido se a dimensão mesoscópica, o limite estrutural do sistema, for definida. Por exemplo, o elemento químico Carbono que faz parte da substância corporal da formiga não pode ser considerado um elemento do sistema formigueiro. Se quisermos definir uma formiga individual como sistema, os conceitos de elemento, estrutura e campo de interação mudam de conteúdo e devem ser redefinidos concretamente para o caso (FENZL, 1998, p.8).

A evolução da biosfera possui dois princípios que garantem a coerência interna dos elementos e a manutenção do estado estacionário, de maneira que garantam a relação microscópica e macroscópica. O primeiro diz que os sistemas abertos evoluem na medida em que são capazes de aperfeiçoar permanentemente sua capacidade de reagir estruturalmente às modificações das fontes energético-materiais, mantendo a coerência interna e o segundo diz que sistemas abertos evoluem na medida em que são capazes de aperfeiçoar permanentemente sua capacidade de agir sobre seu ambiente relevante para garantir quantidade e melhorar a qualidade das fontes de energéticas e materiais.

A organização é a característica mais importante para cumprir a necessidade básica de sustentar o metabolismo energético-material nos sistemas abertos para torná-los sustentáveis.

Como tentativa de verificar se existem critérios científicos, técnicos e políticos, na sociedade humana, para medir a sustentabilidade, foram criados dois conceitos nos discursos de desenvolvimento sustentável: metabolismo sócio-econômico (MSE) e eficiência energético-material (EEM), citados por Fischer-Kowalski, Habert 1993 apud Fenzl 1998. O MSE refere-se ao funcionamento geral do sistema, observando a (re) produção do ponto de vista energético-material e sociocultural. O MSE é composto por um conjunto de processos produtivos identificados individualmente. A indústria de derivados de petróleo, a indústria de celulose, transportes (indiretamente produtivos). Para atingir seus objetivos os processos econômicos podem ser avaliados relacionando quantidade e qualidade de energia e material gasto. O que diferencia o MSE do EEM é que o segundo aplica-se a todos os tipos de sistemas abertos, aos orgânicos e inorgânicos, e o primeiro à sociedade humana:

Embora não sendo possível prever seus estados futuros é possível determinar o seu espaço de acessibilidade, isto é, o espaço no qual pode-se assegurar que o sistema continuará mantendo sua integridade. Dentro desse *espaço de acessibilidade* o sistema se movimenta e, a cada fase evolutiva, sua estrutura ocupa uma região desse espaço, conhecida por espaço de fase (FENZL, 1998, p. 37).

Em Arquitetura existe uma complexa estrutura e funcionalidade de materiais que se apresentam com alto grau de elaboração técnica e cultural que formam um sistema de significantes. A obra arquitetônica possui vários significados no plano da transformação de sua seqüência no tempo como denomina Freud (apud Gregotti, 1972), ou seja, de supradeterminações e condensações da forma expressiva:

Esta estrutura vertical não é linearmente dedutiva, mas interage com a dialética dos objetivos específicos, dos diversos níveis projetuais; dialética muitas vezes divergente, sujeita a diversos estímulos disciplinares, a solicitações sociológicas do grupo, à viva pressão do sujeito que quer encontrar o mundo a partir da singularidade do próprio desejo, à responsabilidade ideológica e política do indivíduo frente ao grupo. E mais, tudo leva a prever que no futuro o custo social da execução influirá progressivamente tanto que a projeção, enquanto previsão de todos os elementos, deverá fatalmente tornar-se mais precisa, sempre mais completa e racional, e antecipar-se cada vez

mais ao processo de produção e distribuição dos bens, enfim, prever sempre mais racionalmente os resultados. (GREGOTTI, 1972, p.14).

Análise do conteúdo em Arquitetura mostra os fatores preponderantes na concepção e desenvolvimento de objetos. Assim, por exemplo, todo o movimento racionalista está ligado à primeira postura, ao entender o conceito de design como controle integral da produção. “De fato, nós nos comportamos sempre conforme a segunda postura: sempre que atuamos, qualquer que seja a forma desta atuação, o fazemos sobre materiais estruturados, organizando-os de maneira diversa através da projeção” (GREGOTTI, 1972, p.51). A edificação arquitetônica constituída de matéria, formada e organizada atua em nível experimental, ocupando o espaço na dimensão geográfica construídas a partir de relações da Arquitetura com a implantação, paisagem e temática ambiental pré-existente, ou seja:

A tecnologia moderna põe à nossa disposição um instrumento importantíssimo de articulação para a estruturação continuamente inédita das matérias através de operações técnicas em todas as escalas, da química dos metais à engenharia do concreto armado, à sementeira mecânica. Deste ponto de vista, a qualidade de uma matéria (e não o valor que depende do juízo) pode depender de sua maior ou menor capacidade em assumir diversas possibilidades de uso formal através de um tratamento tecnológico. (GREGOTTI, 1972, p.57).

A constituição dos conteúdos em Arquitetura segue além da construção civil, “porém de forma mais interessante faz uma peculiar alusão à natureza do signo arquitetônico em relação a outros sistemas de signos” (GREGOTTI, 1972, p.182). A capacidade para entender e reconhecer dados e formular questões não está longe da Arquitetura, os sistemas de automação de Edifícios Inteligentes utilizam tecnologias capazes de identificar e modificar a matéria do edifício conforme necessidades pré-estabelecidas pela inteligência artificial para adaptar os espaços ao entendimento e solução do problema detectado pelos sistemas de automação.

O significado dos espaços pode participar de uma rede de sistemas de inteligência artificial contribuindo para utilização de técnicas inovativas capacitando a Arquitetura a diminuir os impactos ambientais – o que caracterizaria a ‘habitação verde’. Habitar seria, portanto, um ato de ocupar geograficamente um lugar/espaço. Compreendendo o conjunto de signos dos conteúdos em Arquitetura a habitação verde é igual a uma

*habitação inteligente* e por ser a Arquitetura a arte desse habitar, *habitação verde* é igual à Arquitetura Inteligente.

#### **4. PROPOSIÇÃO III: O ESTUDO DO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS EM ARQUITETURA COMO INOVAÇÃO TECNOLÓGICA CONDUZ A NOVOS CONTEÚDOS EM ARQUITETURA INTELIGENTE**

Esta proposição foi subdividida em três subtemas por se tratar de diversos conceitos intrínsecos em seu conteúdo. O item 4.1. mostra como pode ser aplicado o Ciclo de Vida nos projetos que envolvem design e criação abordando as implicações da ferramenta de análise do ciclo de vida em diversas etapas: da concepção do objeto a sua confecção. O item 4.2 descreve alguns conceitos do corpo de signos implícitos quando se aborda inovação tecnológica, arquitetura e consequências impactantes, de um produto fabricado, ao meio ambiente. A sequência abordada nesse item é: tecnologia; inovação; e espaço (como lugar) e tecnologia. O item 4.3 é subdividido em três tópicos, também, para sistematizar os conceitos embutidos na proposição. Após os conceitos descritos no item 4.1 e 4.2 pode-se compreender que esse item ‘Novos Conteúdos em Arquitetura Inteligente fecha o ciclo de pensamento sobre o contexto da Arquitetura Inteligente constituinte de signos sustentáveis composto por inovação tecnológica, edifício inteligente, análise social sistêmica e a edificação final. A estrutura do discurso foi dividida em três subtemas os quais ilustram a partir da análise do ciclo de vida a maneira deste ciclo funcionar e assim poder fazer parte da linguagem de projetar em arquitetura. A partir das figuras 4.3.1.I a 4.3.1.II pode-se visualizar e compreender como a ferramenta pode auxiliar de maneira numérica e prática um profissional na área de Arquitetura. Em seguida a temática abordada é a contextualização dos produtos industrializados com a ferramenta Análise do Ciclo de Vida (ACV) e como o Design, Arquitetura e Construção fazem parte de uma sequência temporal histórica abrangendo as peculiaridades da profissão e os status sociais e culturais da sociedade. E no último subitem o estudo de caso ZEDfactory ilustra o uso do pensamento do ciclo de vida e a ferramenta Análise do Ciclo de Vida por uma empresa de Arquitetura. Com esse exemplo real pode-se notar os conceitos apresentados ao longo das proposições, por meio de inovações propostas para formas arquitetônicas para responder a uma demanda, social cujo problema é o impacto ambiental por atividades antrópica/habitação.

Habitação é aqui tratada como a compreensão do espaço e sua ocupação por intermédio da tecnologia como fator de adequação do lugar para suas necessidades funcionais e estéticas.

#### 4.1. APLICAÇÕES DO CICLO DE VIDA EM SITUAÇÕES PROJETUAIS

Por uma correta avaliação quanto à qualidade oferecida por uma tecnologia para indicar eficiência energética e ambiental – a partir de todo o ciclo de vida de um sistema analisado e não somente a fase de criação de um objeto – considerar-se-á como um conjunto de impacto desde a fabricação até o uso do objeto construído:

“La energía consumida durante el uso de un edificio representa la cantidad más importante del total gastado durante su vida útil [...] la iluminación, la calefacción, la refrigeración estival, la preparación de los alimentos, el funcionamiento de los electrodomésticos e la producción de agua caliente de uso sanitario[...] como la ocupación temporal del edificio, la reacción de los ocupantes ante las condiciones del clima, su edad, actividad, etc. (ARENA, 2005, p.232).

Para isso o ACV é uma ferramenta tecnológica que informa de maneira integral o impacto ambiental causado durante todo ciclo de criação de objetos. Por ser abrangente em relação ao ‘hábito’ do objeto ele é utilizado por diversos seguimentos do design e meio acadêmico – desde a criação de objetos utilitários à própria Arquitetura. Os fatores segundo Arena (2005) que possuem demanda energética em uma edificação durante seu uso são: *efeito da forma e orientação do edifício em relação ao sistema de aquecimento central carga de calefação e acondicionamento, recebimento de energia do sol em relação a ventilação natural, eficiência dos equipamentos de climatização, iluminação e produção de água quente para uso sanitário; importância das estratégias de operacionalização de controle climático do edifício.*

Emprega-se o ACV em arquitetura, por exemplo, com o intuito de:

- a. seleção de materiais que tenham menor impacto ambiental;

- b. utilização de recursos projetuais que aperfeiçoem a relação entre a edificação e o ambiente externo; e
- c. relações que envolvam escolhas durante o projeto, construção, vida útil e disposição final da obra (demolição e reformas).

Pode se empregar o ACV na arquitetura da seguinte maneira:

- a. primeiro estabelecer claramente a área a ser analisada, pois o resultado incidirá sobre esta área. Determinados ambientes possuem gastos menores de energia, podendo ser desconsiderados, na análise total da edificação, como por exemplo área de serviço;
- b. escolhe-se uma unidade funcional, por exemplo, unidade superficial do edifício -  $\text{kgCO}_2\text{eq/m}^2$ ; e
- c. considerações de componentes da edificação sob consumo direto de recursos e emissões associadas, ou consumo direto dos materiais que são utilizados para obter os recursos.

Há diversas implicações no uso do ACV quando se projeta em Arquitetura ou para a geração de produtos industrializados. A função dos designers e arquitetos confunde-se e complementa-se em diferentes etapas dos respectivos projetos. A abrangência dos conceitos utilizados para formar um objeto arquitetônico ou um objeto de design permite analogias semelhantes sob os aspectos do ACV. Pois ambos os objetos são constituídos e finalizados por matéria. Uma matéria retirada da natureza causando um impacto ambiental.

A aplicação da ACV, *eficiência ambiental do design* e *análise das fases de desenvolvimento do produto* estão em Vezzoli (1999) ao demonstrar como a tecnologia da informação pode auxiliar as empresas e centros de pesquisa a utilizarem com mais eficiência as ferramentas do LCD (Life Cycle Design) mostrando a metodologia e a ferramenta para a quantificação da análise e avaliação de impactos ambientais causados pelos produtos. A ferramenta é utilizada de duas maneiras: a primeira faz a *comparação entre valores reais observados e os conceitos alternativos*; e a segunda *identifica o desempenho ambiental específico* – particularmente na fase final do ciclo. O CV (ciclo

de vida) ao design é aplicado ao processo de desenvolvimento do produto por diversas empresas em todo o mundo:

One of the major future requirements of a product will be its environmental soundness throughout its life cycle. In this context the LCD concept has emerged - where the product is designed to consider all the life cycle phases (pre-production, production, distribution, use and disposal). Given an objective to minimise environmental impacts during all life cycle phases approaches to LCD will vary from case to case with regards to product type, industry sector, firm's size, life cycle costs and stakeholder responsibilities. (VELLOZI, 1999, p. 28).<sup>14</sup>

O ACV é o método corrente nas pesquisas para análise de impactos ambientais causados por produtos. A figura 4.3.1.I (ver p. 53), traz a relação entre os resultados do LCA e dados válidos cientificamente, o que ilustra a dinâmica de escolha no processo de manufatura de um produto utilizando o material A ou B. Há diferentes impactos ambientais quando o material A ou B é observado nas diferentes fases da cadeia produtiva quanto a sua característica, uso e função do produto.

Vezzoli (1999) afirma que o resultado de confiança é inversamente proporcional ao seu resultado científico. O resultado de confiança é o que satisfaz a escolha, ou seja, é a habilidade de selecionar entre o material A ou B que irá compor o produto. E o resultado científico são os graus de agregação acumulados pelos produtos formados pelo material A ou B.<sup>15</sup> A figura (ver figura 4.1.I) hipotética criada por Vezzoli (1999) mostra a inversabilidade entre as relações de avaliação–escolha e resultado–escolha. No inventário os resultados obtidos pelo input e output do processo não determinam uma escolha eficiente para utilização do material A ou B no produto. O ACV agrega um total ou o que seria um número ideal para a *escolha*, pois possui um valor para cada alternativa a ser utilizada. O *resultado* é o acúmulo de agregação de um único valor para comparação entre futuros produtos. O resultado de confiança é melhor na relação

---

<sup>14</sup> O ciclo de vida será estudado para a fabricação de produtos ambientalmente menos poluidores. Nesse contexto o Life Cycle Design considerará na fase de *design produção*: pré – produção, produção, distribuição, uso e disposição final. O objetivo é minimizar os impactos ambientais durante toda a fase do ciclo de produção de um produto tendo como atores, por exemplo: o setor industrial e firmas (tradução livre da autora).

<sup>15</sup> Na figura 4.1.I o produto A ou B terá melhor desempenho ambiental conforme parâmetro de cada fase a ser analisado.

avaliação–escolha. A relação resultado–escolha, definida na fase inventário, diminui a eficiência do resultado de confiança para a escolha do material a ser utilizado.

Vezzoli (1999) descreve e ilustra (ver figura 4.1.3.I, p.53) a relação – entre aplicação do ACV, eficiência ambiental de escolhas no design e a fase de desenvolvimento do produto –, da seguinte maneira: durante o desenvolvimento do processo, o produto torna-se mais definido e específico e a metodologia ACV aumenta sua eficiência. Isto se deve ao fato dos dados considerados serem inseridos no método – o que não ocorre na primeira fase do design. As fases iniciais do *design–design estratégica e estratégia de produto* –, e em que acrescenta o novo produto nas fases complexas seguintes não se tem como saber sobre o ciclo de vida. A dificuldade está na necessidade de dados quantitativos para aplicar a ferramenta. No desenvolvimento do processo de realização do produto a fase do ciclo de vida torna-se mais clara e por consequência mais útil (ver figura 4.1.II) fato que ocorre quando se movimenta no sentido design estratégia para estratégia produto, design conceito, design produto, design processo. No mesmo instante reduz-se o impacto ambiental do produto quando a primeira fase do design tem alto potencial inovador, ou seja, um alto nível de aperfeiçoamento ambiental. A exigência ambiental de integração com os níveis design estratégia ou design concepção, usualmente conduz ao aumento do aperfeiçoamento ambiental, comparado quando introduzido no design processo.

A figura 4.1.I mostra as implicações existentes em se optar por um material A ou B na fabricação de um produto observando-se os aspectos de método de escolha ou científico. Na fase *inventário o resultado – escolha* e a *avaliação – escolha* é menos indicado a escolha do material A ou B para uso na fabricação de um produto, pois estão sob o foco mais específico, na emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e Clorofluorcarbono (CFC); a fase intermediária, *características*, indica os efeitos dos materiais A e B em relação a dois fenômenos ambientais, o efeito estufa (EE) e a camada de ozônio (CO); e a fase final a *avaliação o resultado – escolha* e *avaliação – escolha* é mais apropriada para optar pelo material A ou B, pois os mesmos estão sob uma ótica geral, o impacto global. No entanto nota-se na mesma figura que o *resultado científico* e *resultado de confiança* para optar pelo uso do material A ou B é inversamente proporcional, ou seja, sob este aspecto a fase *inventário* torna-se mais adequada em optar pelo produto A ou B do que a fase *avaliação*.

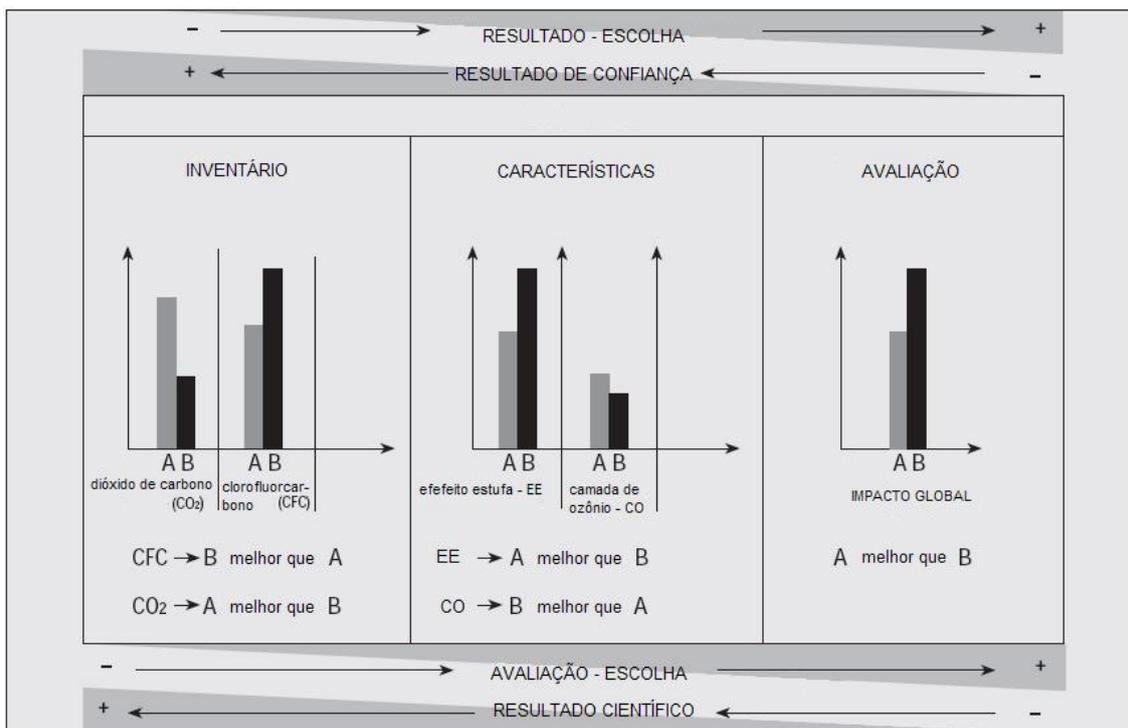


Figura 4.1.I Relação entre resultado do ACV e Dados Válidos Cientificamente

Fonte: VELLOZI, 1999.

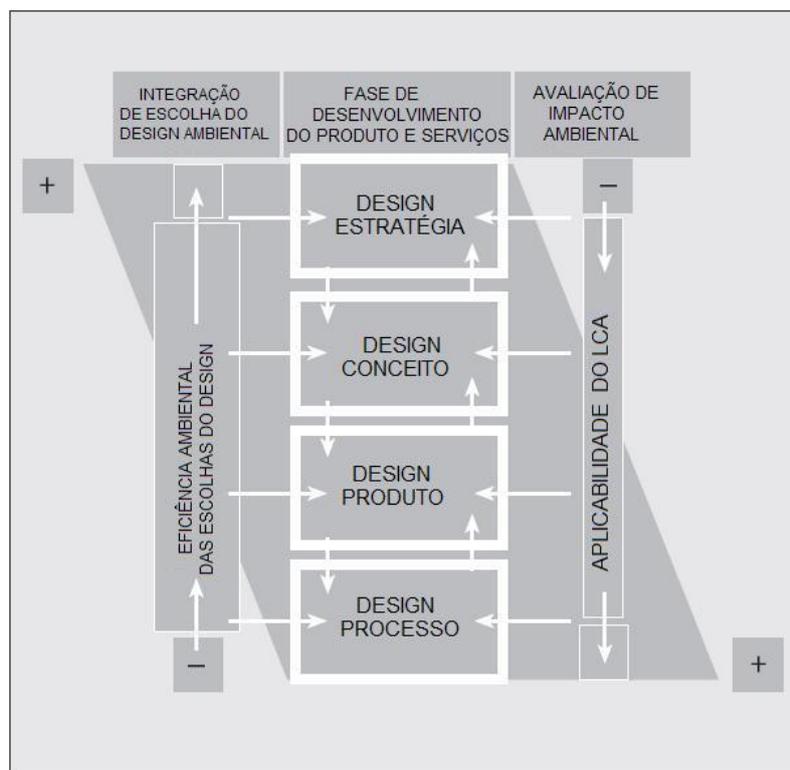


Figura 4.1.II Aplicabilidade do ACV, Eficácia ambiental do design em escolhas na fase de desenvolvimento de produtos.

Fonte: VELLOZI, 1999.

Utilizar a opção A ou B como matéria prima em um produto significa atestar se ele é um material “bom” ou “ruim” para o meio ambiente, se ele é mais ou menos impactante.

O estudo de Vezzoli (1999) caracteriza as implicações do uso da ferramenta ciclo de vida no design. Por semelhança a Arquitetura quando utiliza a Análise do Ciclo de Vida (ACV) em projetos defronta-se com a mesma situação quanto a opção de um material A ou B, com características de menor ou maior impacto ambiental. A figura 4.1.II mostra em que fase do processo de aplicabilidade do ACV e a eficiência ambiental diminuem ou aumentam a melhor capacidade de uso da ferramenta. Em Arquitetura o uso de matéria-prima para formação do objeto arquitetônico real tem uma estreita relação com o processo do design. O subitem ciclo de vida e produtos industrializados (4.3.2) irá mostrar historicamente esta estreita relação entre Arquitetura e Design. Uma semelhança importante para entender as implicações do uso da ferramenta Análise do Ciclo de Vida em Arquitetura.

## 4.2. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E ARQUITETURA

O consumo de energia de uma edificação está relacionado a sua vida útil, o edifício gasta energia na sua composição material e durante todo o seu uso. Para diminuir o consumo energético alguns edifícios incorporam **inovações tecnológicas** em materiais e componentes com eficiência ambientalmente aceitas – o que seriam as **tecnologias verdes** – exemplificadas em novos conteúdos em arquitetura inteligente, ver tópico 4.3.

Há que se considerar objetivamente a tipologia da edificação, pois edifícios institucionais (escolas, universidades, hospitais etc.), comerciais (shoppings, edifícios empresariais etc.) e residências têm características distintas que podem limitar a aplicação de determinadas tecnologia-verdes:

Las medidas que se pueden adoptar para mitigar estos impactos van desde la utilización de recursos energéticos de origen renovable, el uso racional de la energía y la utilización de materiales de construcción menos energívoros. Sin embargo, para implementar estas medidas es necesario fabricar dispositivos, tecnologías y materiales idóneos, lo que genera a su vez un consumo de recursos y nuevas emisiones, de modo que proyectando sin el soporte adecuado se puede mejorar un aspecto ambiental mientras se empeoran otros, o se trasladan impactos de una región a otra. En efecto, la utilización de ventanas de doble vidrio, paneles fotovoltaicos, colectores solares, aislantes térmicos en muros y techos, por citar algunas alternativas, traslada parte de los consumos y emisiones que usualmente se producían durante la operación del edificio a la fase de fabricación de materiales y construcción, y a la región geográfica donde se fabrican esos materiales. En efecto, muchos edificios han sido promocionados como “verdes” o sustentables simplemente porque incorporan una fracción de materiales reciclados, o un dispositivo que aprovecha energía renovable, pero no se evalúa si ese reciclado e ese dispositivo efectivamente producen un beneficio global, o simplemente trasladan un impacto desde un lugar a otro, o bien cambian un tipo de impacto por otro. (ARENA, 2005, p.227-228).

A seguir mostram-se os conceitos de **tecnologia** e **inovação tecnológica**, que auxiliam o entendimento a partir do estudo de Soares (2002) ao apresentar o ciclo tecnológico para a fabricação de revestimentos cerâmicos. A composição de um ciclo tecnológico e sua fase produtiva modifica-se em função do tipo de produto de interesse.

Na fabricação de revestimentos cerâmicos existem dois processos de conformação das peças: a seco (tradicional ou com granulação) e úmido. O processo a seco “consiste na moagem a seco das matérias-primas, seguida de um ajuste de umidade. O processo a úmido por sua vez, consiste na moagem das matérias primas em água e na posterior secagem da barbotina através da atomização” (SOARES, 2002,p.30). As diversas fases de produção da cerâmica estão esquematizadas na figura 4.2.I; e os principais fluxos (de matéria e energia) envolvidos neste processo e operações envolvidas estão representadas na figura 4.2.II. Observe-se o que diz o autor:

[...] o processo a seco é muito mais econômico quando analisado sob o enfoque energético. Sob o enfoque técnico, o processo apresenta as seguintes características: menor atendimento em termos de refinamento granulométrico, menor eficácia de purificação e homogeneização da massa e menor capacidade de preencher compacta e uniformemente o molde da prensa. (SOARES, 2002, p.30).

O resultado da análise sob o ponto de vista tecnológico e energético resulta na escolha do fabricante e do consumidor em optar por qual tipo de cerâmica será fabricada ou consumida, respectivamente.

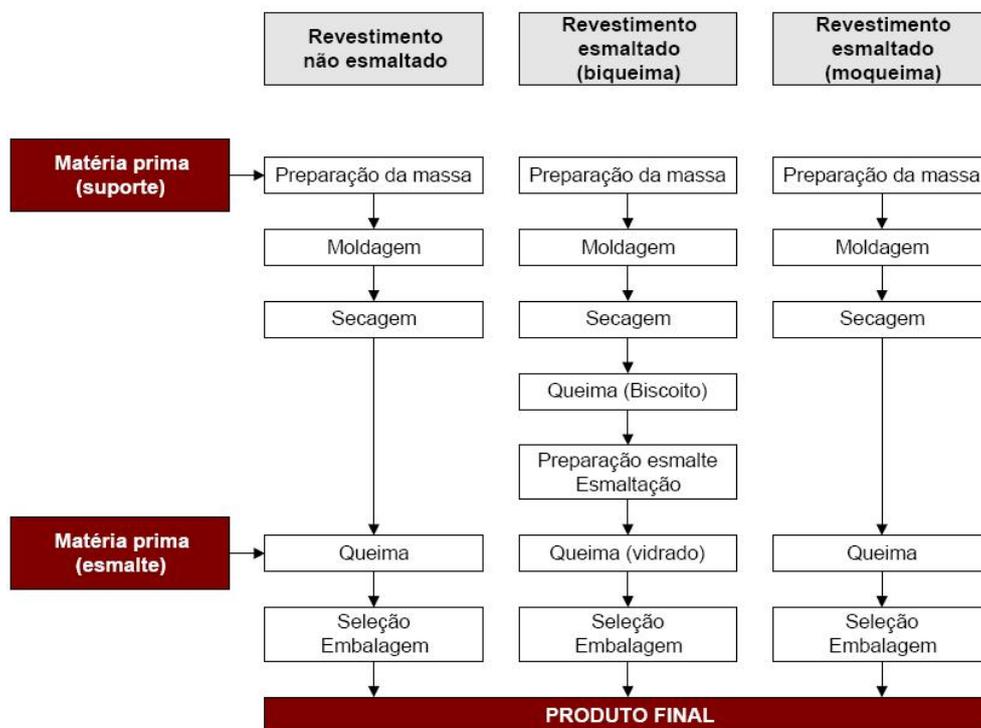


Figura 4.2.I - Esquema do ciclo tecnológico fundamental para a fabricação de revestimentos cerâmicos.

Fonte: SOARES, 2002

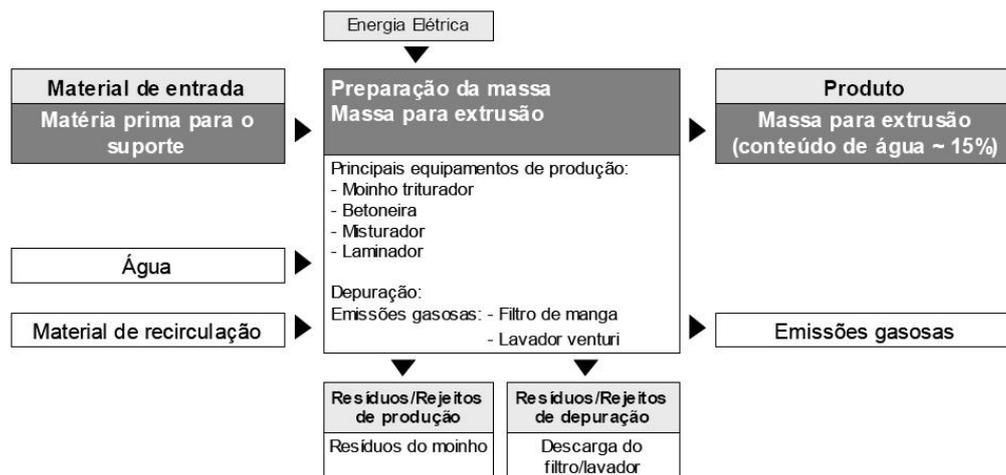


Figura 4.2.II - Esquema das principais entradas e saídas (fluxo de materiais e energia) do processo de preparação da massa para extrusão.

Fonte: SOARES, 2002

O esquema do ciclo tecnológico para a fabricação de revestimentos possui dois principais conceitos:

- **Tecnologia:**

As **tecnologias** são bens perecíveis, ou seja, a partir de sua geração e depois de transcorrido um tempo, alcançam sua obsolescência e desaparecem. Esse processo é influenciado, entre outros, pelos seguintes fatores [...] as restrições à utilização da tecnologia devido a problemas ambientais, de saúde pública ou outras razões sociais. Esse caráter perecível estabelece uma diferença importante entre os conhecimentos científicos e os tecnológicos. Um conhecimento científico, quando comprovado, aproxima-se da verdade e seu valor mantém permanência no tempo; por exemplo, o teorema de Pitágoras e a lei de Arquimedes mantêm sua vigência depois de transcorridos séculos desde que foram postulados. Porém, tecnologias, muito mais próximas no tempo, como o Modelo T da Ford, os rádios de válvulas, as sulfas como antibióticos, a primeira nave espacial utilizada por Gagarin, a régua de cálculo ou os computadores de qualquer tipo de dez anos atrás, já não existem ou são relegados como peças de museu. (SÁENZ, CAPOTE, 2002, p. 53).

- **Inovação Tecnológica:**

**Inovação tecnológica** é o processo pelo qual as empresas dominam e implementam o desenho e a produção de bens e serviços que são novos para elas, independentemente de serem novos para seus competidores, nacionais ou estrangeiros.[...] A inovação é uma combinação de necessidades sociais e de demandas do mercado com os meios científicos para resolvê-las; inclui, dessa forma, atividades científicas, tecnológicas, produtivas, de distribuição, financeiras e comerciais. Não é, portanto, do âmbito exclusivo da P+D; esta é só uma parte da inovação, embora geralmente muito importante. (SÁENZ, CAPOTE, 2002, p. 70).

A **inovação** puxada pela demanda tem um caráter de mostrar o uso de sistemas inovativos em arquitetura para responder aos impactos ambientais. O funcionamento da estrutura da inovação puxada pela demanda, ver figura 4.2.I, ‘produz um novo conhecimento tecnológico integrável à produção’ (SÁENZ, CAPOTE, 2002, p 80), que surge pela necessidade social ou demanda de mercado. Diminuir impactos ambientais é uma necessidade social.

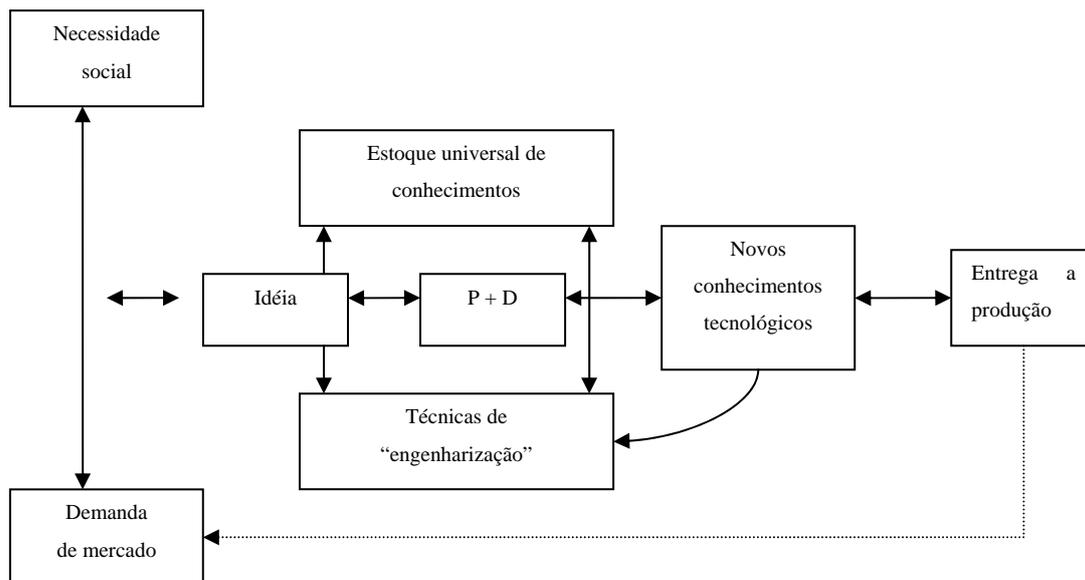


Figura – 4.2.III . Esquema simplificado de uma inovação “puxada pela demanda” (demand pulled)

Fonte: SÁENZ, CAPOTE, 2002

Segundo Sáenz e Capote (2002) afirmar que para o sucesso de uma aplicação de inovação por demanda são necessários alguns elementos importantes: *a identificação de uma necessidade social vinculada a uma demanda atual ou potencial, às vezes, não explícitas; a presença de capacidades científico-técnica, produtiva, de distribuição e comerciais adequadas; renovação contínua dos processos de inovação tecnológica, de modo a ter prontas novas tecnologias muito antes de que as atuais entrem na fase de maturação e declínio; utilização de adequadas técnicas de planejamento para diferentes prazos, assim como do controle de sua execução; oferta de eficientes serviços pós-venda e de capacitação a usuários; e manutenção de redes efetivas de distribuição e vendas.*

Para Moore (2001) o futuro da cultura e dos seres vivos está na diminuição da exploração ambiental e maximização do uso de tecnologias em relação aos espaços; estruturando os conceitos de espaço e lugar combinando práticas sócio-tecnológicas e diminuindo a estetização dos conceitos de objetos construídos. Estas implicações

referem-se a um proto-ecologismo o qual se relaciona com regionalismo crítico moldados em conceitos: *aestético*, *psico-sensorial* e *anárquico-social*.<sup>16</sup>

A arquitetura poderia relacionar-se com as condições sociais e ecológicas através do uso de tecnologias que possam dialogar geograficamente o uso de espaços e intervenção humana; entendendo a relação lugar e tecnologia. Para entender melhor e diagnosticar os problemas internos a essa relação Moore (2001) faz referência histórica aos modernista e pós-modernista.

O conceito de espaço modernista seria o desejo de independência e auto-realização oferecidas pelo valor real cartesiano, em que as forças positivas são o uso de tecnologia associando vida moderna com a noção de progresso, novas tecnologias desenvolvidas são sinônimos de qualidade de vida. O espaço pós-moderno é a atuação do natural tornando-se espaço. O diálogo entre lugar e tecnologia são dialeticamente opostos dentro de cada uma dessas visões, ver tabela 4.2.I.

Tabela - 4.2.I - Valores das oposições entre lugar e tecnologia

	LUGAR	TECNOLOGIA
MODERNISMO	(-)	(+)
PÓS-MODERNISMO	(+)	(-)

Fonte: MOORE, 2001

As questões modernistas embaralham o conceito de *lugar* e *coletividade* e propiciam a valoração por demais das *condições de vida moderna* em relação ao valor *lugar*. Para Moore (2001) experiências tecnológicas podem responder positivamente a qualidade particular de cada lugar. Nasce, assim, um ecocentrismo em oposição ao antropocentrismo pelo estudo regional e sócio-ecológico considerando a edificação como processo natural; transformando *qualidade de vida* (antropocentrismo) em

<sup>16</sup> Para Moore(2002) ele define: **proto-ecologismo** como uma nova maneira de pensar a compreensão do lugar a ser ocupado, destituída do antropocentrismo e tendo a ecologia como centro das relações de interação entre o homem e a natureza; **aestético** a relação não estética da Arquitetura; **psico-sensorial** a compreensão dos espaços pela psicologia e sensações espaciais; e **anárquico-social** a interação do lugar por uma tentativa de relações sociais destituídas de poder e com eficácia tecnológica baseada em invenção, criatividade e necessidade básica.

capacidade de suporte dos ecossistemas. A arquitetura sustentável escolhe entre os valores opostos do modernismo e pós-modernismo para atuar.

“O intercâmbio entre tecnologia e lugar é socialmente construído e desenhado conforme intenção e interesses” (MOORE, 2001, p.26). Sendo a intenção do objeto construído aquele que pode satisfazer utilidades e práticas humanas. A esse respeito este autor afirma:

In Mackenzie and Wajcmans’s definition, knowledge – the first characteristic of technology – is required, not only to build the artifact, but also to relate the natural conditions upon which the artifact works, and to use the artifact works, and to use the artifact. The second characteristic of technology, “patterns of human activity”, or what I would prefer to call human practices, refers to the institutionalization, or routinization, of problem-solving that inevitably occurs in society. The practices or architecture, carpentry, or farming are examples. The third quality of technology, “sets of objects,” is, of course, the most obvious – these are the things themselves. (MOORE, 2001, p. 50-51).<sup>17</sup>

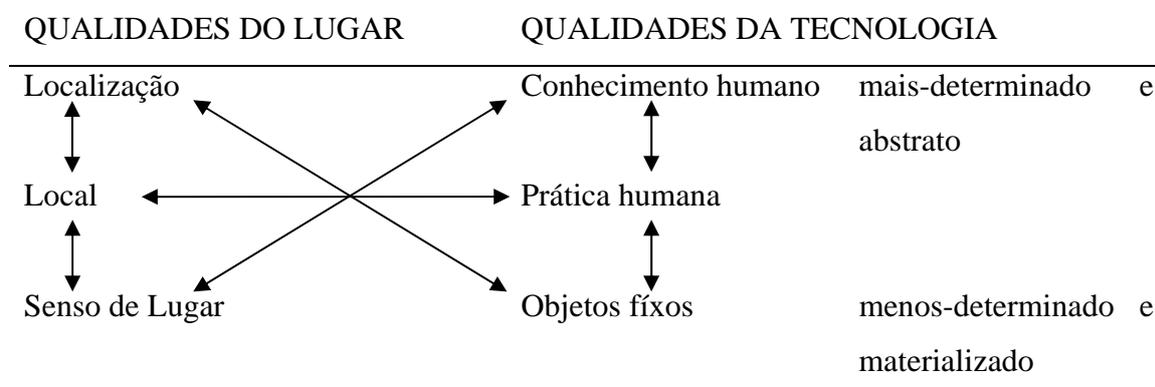


Figura 4.2.IV - Qualidade Dialógica entre Tecnologia e Lugar

Fonte: MOORE, 2001

<sup>17</sup> Para Mackenzie and Wajcman que o *conhecimento* é a primeira característica da tecnologia, e não basta fazer o artefato(objeto) mas saber as condições da produção e usos do artefato. A segunda é a *prática humana* referindo-se a institucionalização, rotina, resolução de problemas que inevitavelmente ocorrem na sociedade, por exemplo: arquitetura e produção agrícola. E a terceira é a própria *característica do objeto*, sua composição. (Tradução livre da autora).

Em Moore (2001) a análise sobre as condições ambientais, possuem interpretações diferenciadas conforme a cultura; e o ambiente determina a forma tecnológica, contudo, a tecnologia não determina o espaço; surge, assim um diálogo horizontal na cultura sobre questões abstratas relevantes para a discussão entre *tecnologia e lugar/espço*.

A geography of technology concerned with location, or the structural conditions of political economy, is naturally concerned with location, or the structural conditions of political economy, is naturally concerned with competing territorial claims of European (and American) colonial powers. [...] A geography of technology concerned with locale, Agn's second characteristic of place, is one concerned with the setting for social relations (MOORE, 2001, p. 75 - 77).<sup>18</sup>

Segundo Moore (2001) a tecnologia pode determinar-se ou voluntariar-se de acordo com as intenções humanas ou satisfação que os objetos podem causar. A intenção pode substituir a criação em Arquitetura, e segundo Heidgger (apud MOORE, 2001, p.111) o bem estar precede o planejamento, a construção do objeto e precede a ocupação e transformação física do lugar. A produção em arquitetura comum ao artista tem possibilidades inteligência-predial-ecológica devido à “tecnologia constituinte ser produzida pelo espaço social” (MOORE, 2001, p. 114):

In the popular imagination invention in architecture is understood to be a matter of rhetorical flourish conceived by a single designer. In this view the act of design is both asocial and immaterial. In contrast, invention in technology is popularly understood to be a matter of material process that requires the mobilization of complex human and nonhuman resources. Technological innovation, not in terms of objects, nor in terms of techniques, but in terms of the human agreements required to standardize production and thus assure reproduction. (MOORE, 2001, p. 116).<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> O mapeamento da tecnologia envolve relações de poder sendo as políticas públicas referentes a sua localidade. Na Europa existem disputas territoriais e nas Américas disputas Agrícolas. Para Agns (apud MOORE 2001) um característica do lugar é a maneira das relações sociais (tradução livre da autora).

<sup>19</sup> Na imaginação popular invenção em Arquitetura é relacionar o discurso teórico a prática do designer. Neste posto de vista o ato do design é idealístico e destituído de valores sociais. E invenção tecnológica popularmente é entendida como processo manufatureiro que requer complexa mobilização de recursos humanos e materiais. Inovação tecnológica é um termo que agrega conhecimento humano para elevar e dar continuidade a produção. (Tradução livre da autora).

Moore (2001) finaliza esta reflexão com a apresentação de um manifesto com 8 pontos relevantes para reconfigurar o pensamento em Arquitetura:

1. A regenerative architecture will construct social settings that can be lived differently 2. so as to participate in local constellations of ideas, a regenerative architecture will participate in the tectonic history of a place. 3. rather than construct objects, the producers of regenerative architecture will participate in the construction of integrated cultural ecological processes. 4. a regenerative architecture will resist the centers of calculation by magnifying local labor and ecological variables. 5. rather than participate in the aestheticized politics implicit in technological displays, regenerative architecture will construct the technologies of everyday life through democratic means. 6. the technological interventions of regenerative architecture will contribute to the normalization of critical practices. 7. the practice of regenerative architecture will be enable places by fostering convergent human agreements. 8. a regenerative architecture will prefer the development of life-enhancing practices to the creation of critical and historically instructive places (MOORE, 2001,p. 127).<sup>20</sup>

### 4.3. NOVOS CONTEÚDOS EM ARQUITETURA INTELIGENTE

#### 4.3.1. Ciclo de vida sob as normas ISO

A análise do ciclo de vida (ACV) é uma ferramenta que tem como definição de meta e alcance, fundamentação, definições das principais etapas do estudo a ISO 14040; análise do inventário do ciclo de vida a ISO 14041; suportes técnicos ISO 14049 e ISO 14047; a avaliação do impacto do ciclo de vida explicado e exemplificado na ISO 14042 e ISO 14048; e a interpretação está na norma ISO 14043.

---

<sup>20</sup> 1. Construir socialmente considerando as diferenças culturais; 2. Interagir as idéias locais com a historia tecnológica do lugar; 3. Participar da constituição dos objetos e construir integrando cultura e processos ecológicos; 4. Ser o centro cálculos para amplificar os trabalhos locais e variáveis ecológicas; 5. Construir com tecnologias da vida diária com significados democráticos; 6. As intervenções tecnológicas contribuam para normalização e atividades críticas; 7. Possibilitar que os lugares sejam concebidos a partir de valores humanos; e 8. Desenvolver prática da super valorização da vida criando lugares instrutivamente históricos e críticos. (Tradução livre da autora).

Segundo Suppen et al. (2005) a análise do ciclo de vida é uma técnica para avaliar os aspectos de impactos ambientais associados a um produto, utilizando:

- a. confecção de um inventário com entradas (input) e saídas (output) relevantes de um sistema do produto;
- b. avaliação de impactos ambientais potenciais associados com as entradas e saídas; e
- c. interpretação dos resultados da análise do inventário e das etapas de avaliação do impacto relacionados com os objetivos do estudo.

E as aplicações diretas são:

- a. melhorar os aspectos ambientais do produto em vários pontos do ciclo de vida;
- b. tomar decisões mediante indicadores de desempenho ambiental; e
- c. esquematizar etiquetas ambientais.

A Figura 4.3.1.I resume pelos dados da ISO 14040 os três principais aspectos do impacto ambiental a serem associados a um produto após a interpretação as possíveis aplicações diretas. As entradas e saídas de dados podem ser descritos pelas seguintes categorias: *entrada de energia, entrada de matéria-prima e outras entradas físicas, produtos, emissões ao ar, emissões à água, emissões ao solo e outros aspectos ambientais* (ver figura 4.3.1.II).

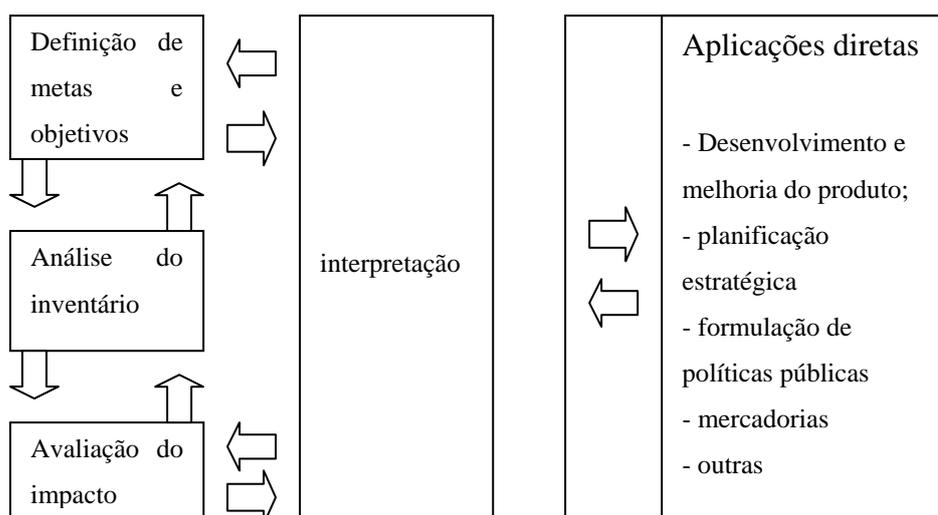


Figura 4.3.1.I – Marco de referencia do ACV segundo ISO 14040

Fonte: SUPPEN et al., 2005

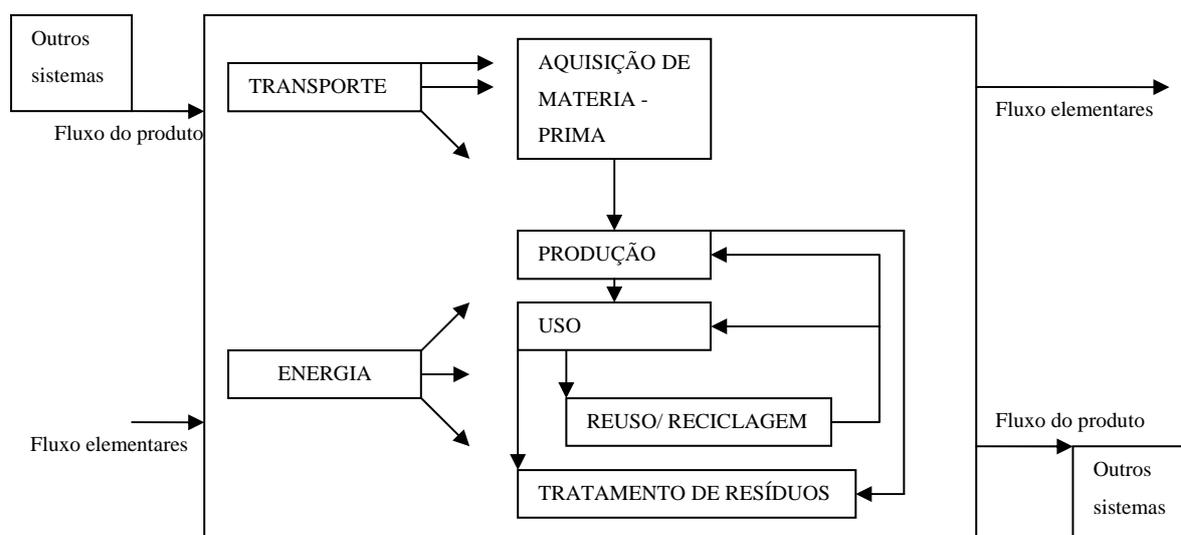


Figura 4.3.1.II. Exemplo de um sistema produtivo – ISO 14041

Fonte: SUPPEN et al., 2005

Para Suppen et al. (2005) alguns pontos devem estar bem claros para aqueles que querem informar os resultados de estudos de ACV: as *funções do sistema produto* – no caso de estudos comparativos; a *unidade funcional, delimitação do sistema produto a ser utilizado*; *procedimentos orçamentários*; *tipos de impacto* e *metodologia de avaliação do impacto* e *interpretação subsequente* a ser usada, *características dos*

*dados; as limitações, os requisitos necessários de qualidade dos dados iniciais, tipo de revisão crítica existente, e o tipo e formato exigidos para o estudo.*

O procedimento geral é a identificação do produto, seleção dos mais importantes relacionados com os objetivos do estudo e em seguida assinalar as unidades funcionais correspondente. Depois de identificada a unidade funcional, deve-se distinguir o rendimento do produto e determinar o fluxo de referência – ver figura 4.3.2. III. Segundo SUPPEN et al (2005) o ideal é que o sistema do produto modele-se de maneira que as entradas (input) e saídas (output) sejam fluxos elementares:

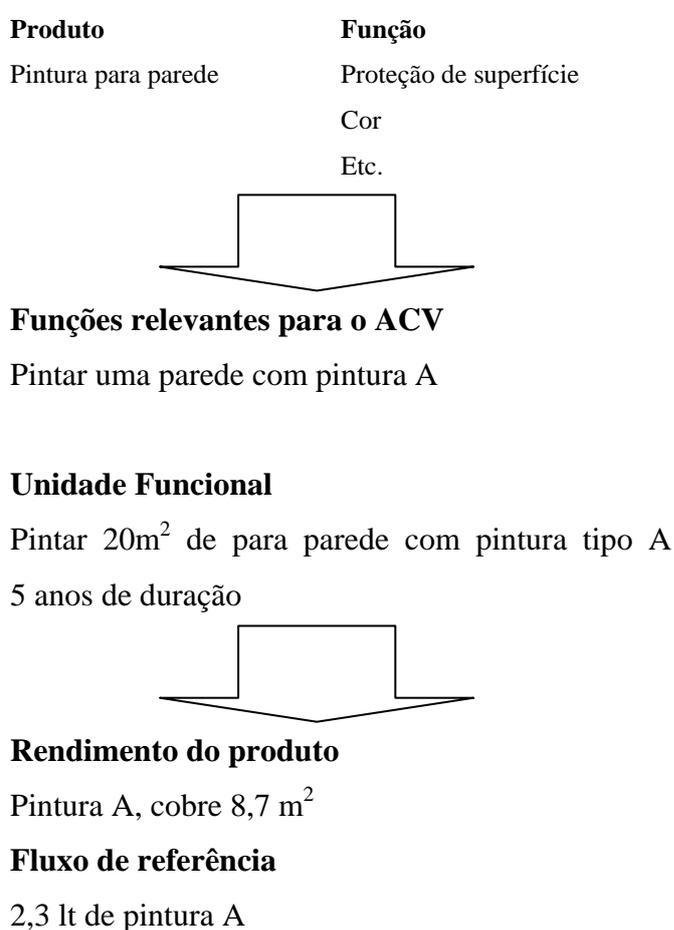


Figura 4.3.1. III – Unidade funcional para quantificar o serviço geral do sistema

Fonte: SUPPEN et al., 2005

Há normas que estabelecem características das qualidades dos dados do ACV. As características devem se relacionar quantitativamente e qualitativamente considerando os seguintes parâmetros segundo Suppen et al (2005):

- a. Extensão do tempo: atualização de dados (não mais que cinco anos);
- b. Extensão geográfica: área geográfica de onde se obterá as informações de processo unitários (se local, regional, nacional, global);
- c. Relação tecnológica: antiga ou nova;
- d. Precisão: mede a variação dos valores dos dados;
- e. Dados completos: porcentagem do número potencial de existências para cada categoria de dados em um processo unitário; e
- f. Representação: análise qualitativa do pacote informativo que reflete o verdadeiro interesse da população.

No entanto a ferramenta possui limitações quanto a subjetividade, pois a interpretação é uma análise de resultados não qualitativos, mas de escolhas. As limitações dos modelos empregados em relação aos estudos de ACV enfocando temas globais e regionais que podem ser ou não apropriados para aplicar localmente. Assim as informações devem estar em conjunto estruturando o sistema mostrando a qualidade dos dados, os quais podem ser utilizados como demanda dos clientes e promotores como ferramentas para informar sobre *consumo* e '*mercados verdes*'. Em relação aos países latino americanos, a limitação está na acessibilidade e disponibilidade dos dados pertinentes, ou por qualidade dos dados.

#### **4.3.2 Ciclo de vida e produtos industrializados**

Neste tópico serão mostrados alguns modelos de aplicação do ciclo de vida dos materiais que são úteis para criação de indicadores e metodologia projectual para produtos industrializados, inclusive métodos que possam ser utilizados pela arquitetura.

O manual *The Eco-indicator 99 - A Damage Oriented Method for Life Cycle Assessment* (2000) tem como principal objetivo mostrar 95 indicadores utilizados por designers e empresas. Os autores descrevem a metodologia de origem e intenções de uso dos indicadores, e também, avaliam o impacto do ciclo de vida como metodologia para aplicação no desenvolvimento de produtos industrializados.

O manual *The Eco-indicator* (2000) considera três principais impactos ambientais: em relação aos **seres humanos**, **qualidade dos ecossistemas** e **recursos naturais**. Na figura - 4.3.2.II, esses três impactos são as coordenadas dos vértices do triângulo. Na Metodologia Geral do estudo (ver figura 4.3.2.I) apresentada pelos autores Goedkoop e Spriensma (2000) ocorrem dois tipos de incertezas: uma está relacionada aos **dados** (figura 4.3.2.I – cor cinza) – seriam os problemas técnicos (medidas e fatores de avaliação); e o outro ao **modelo** (a metodologia em si utilizada – figura 4.3.2.I) – sobre a configuração geométrica dos dados incertos levantados e mostrados.

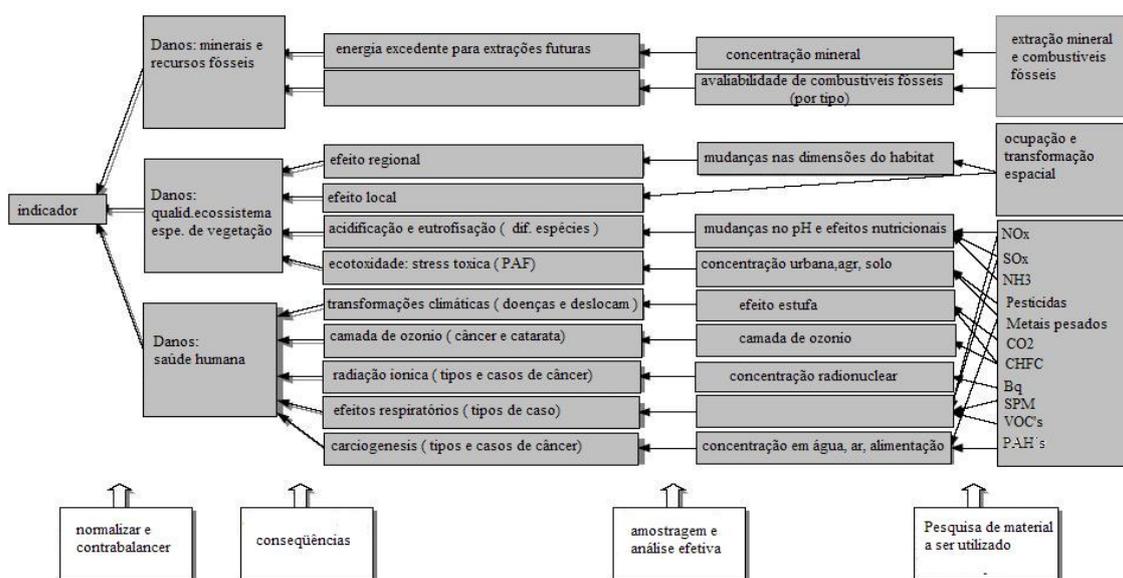


Figura 4.3.2.I - Metodologia Geral. O quadro branco mostra o processo e o quadro cinza o resultado intermediário.

Fonte: (GOEDKOOP, SPRIENSMA, 2000)

A figura 4.3.2.I é dividida em duas configurações básicas: o quadrado cinza e branco. O primeiro mostra o resultado intermediário dos processos representados pelos quadrados brancos. Existem quatro processos: o primeiro (da direita para a esquerda) a *pesquisa de material a ser utilizado* – dividido em três categorias mantendo sua estrutura até o resultado do indicador; o segundo *amostragem e análise efetiva*; o terceiro *consequências*; e último *normalizar contrabalancear* os resultados; finalizando a metodologia para representar o resultado do indicador.

O triângulo “*Tríduo de Impacto*” é usado para mostrar em forma de gráfico o resultado da comparação de produtos que possam ser balanceados e possibilitem escolhas entre um produto A e B. Cada vértice do triângulo representa uma combinação diferente para contrabalancear na escolha chegando a 100% para influenciar na escolha da combinação do material a ser utilizado. O triângulo do *Tríduo de Impacto*, no exemplo figura 4.3.2.II está mostrando 50% de impacto sobre o fator *saúde humana*, 40% sobre a *qualidade do ecossistema* e 10% sobre *demanda energética*. O ponto definido acompanha cada lado das variáveis segundo Hofsteer (apud. GOEDKOOOP, SPRIENSMA, 2000). Assim o critério de escolha é determinado pela maior influencia em relação à menor porcentagem do menor fator que se quer preservar.

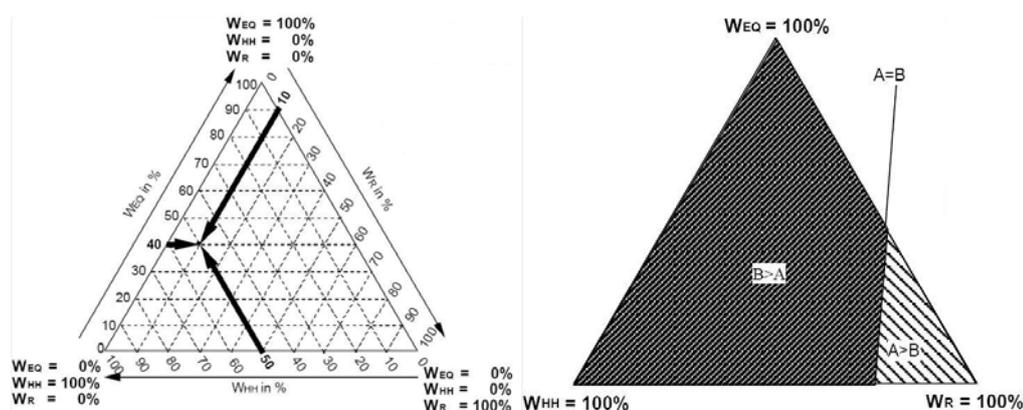


Figura - 4.3.2.II. A.Triângulo do Tríduo de Impacto; II. B.Triângulo de Resultados do LCA entre dois produtos (A e B).<sup>21</sup>

Fonte: HOFSTEER apud GOEDKOOOP, SPRIENSMA (2000)

As subáreas da figura 4.1.2. II. B – triângulo de resultados do LCA entre dois produtos (A e B) -;  $B > A$  significa que a alternativa B é ambientalmente superior a A, em que o eco-indicador A é maior que B, podendo a relação ser inversa, sendo A melhor que B ambientalmente. O que difere este triângulo do anterior é a representação gráfica do julgamento do resultado, a dependência de escolha subjetiva é menor:

<sup>21</sup> WEQ – Impacto sobre a qualidade dos ecossistemas; WHH – Impacto sobre os seres humanos; e WR – Impactos sobre os recursos naturais.

El resultado del LCA en el caso de evaluaciones comparativas no dará cifras absolutas, sino una diferencia entre dos alternativas, que por lo tanto no servirán para ser comparadas con los resultados de otros estudios. (ARENA, 2005, p.232).

Segundo Goedkoop, Spriensma (2000) o debate sobre o processo do ACV está na construção do processo, para mostrar de maneira simples indicadores verdadeiros.

A figura 4.3.2.I mostra dados de pesquisas quanto à quantidade de transistor fabricados de 1970 a 2000 e prevê um crescimento linear dessa tecnologia até 2030. O valor crescente está em relação proporcional à quantidade e a superação tecnológica em informação que pode superar a capacidade cerebral humana em sistemas de inteligência artificial.

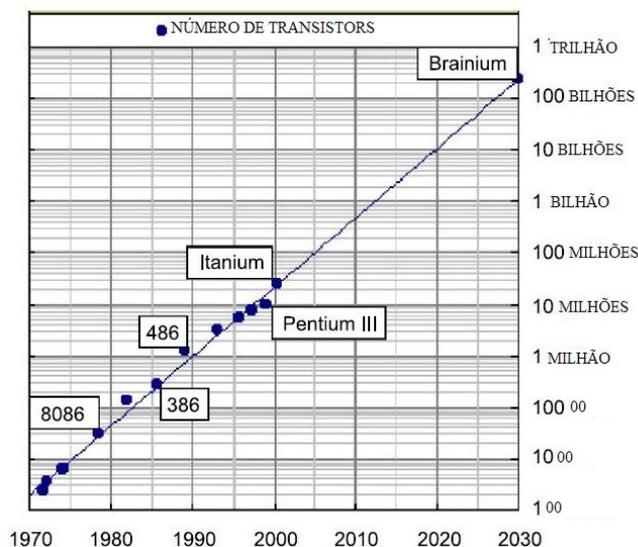


Figura - 4.3.2.I. Evolução Quantitativa de transistor de 1970 - 2030

Fonte : BARROW, 2004

O uso de projetos de arquitetura atende a uma pequena demanda da sociedade, denominado de *high-architecture*,<sup>22</sup> concebida por profissionais, respondendo à estética e monumentalidade em Arquitetura; e *low-architecture* – arquitetura vernácula com

<sup>22</sup> Entede-se por *high-architecture*: as possibilidades de se construir com o profissional arquiteto; e *low-architecture*: construções sem consulta profissional ou profissionais incapazes de elevar o objeto construído aos níveis de valores inerentes na Arquitetura como: arte, história, sociologia, biologia e outros.

características funcionais e eficientes. A figura 4.3.2.II mostra uma relação inversamente proporcional entre funcionalidade/estética e *low/high architecture*, respectivamente. Um pequeno público investe em conjunto com profissionais a *high-architecture* e o grande público faz *low-architecture*.<sup>23</sup> A figura 4.3.2.II.B mostra o crescimento de empresas construtoras e a diminuição de profissionais individuais construtores contratados entre os anos de 1985 a 2000.

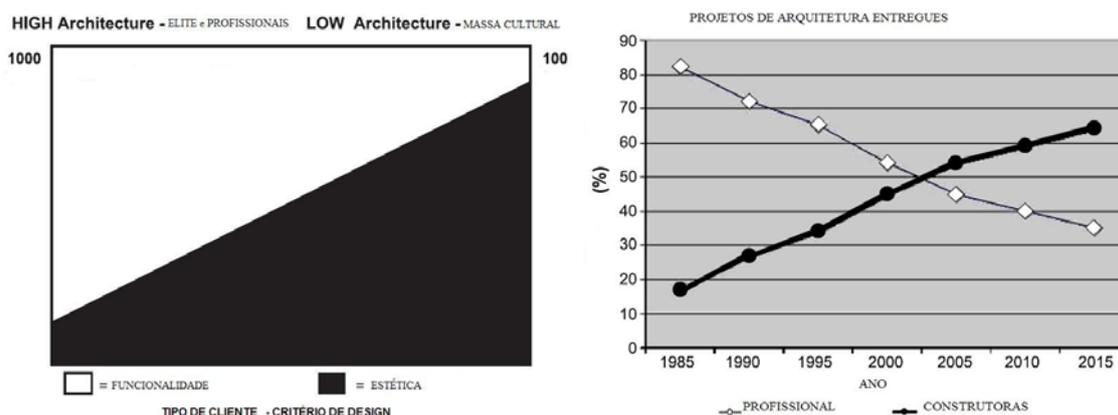


Figura – 4.3.2.II. A e B - Diagnóstico da utilização de projetos em Arquitetura

Fonte: BARROW, 2004

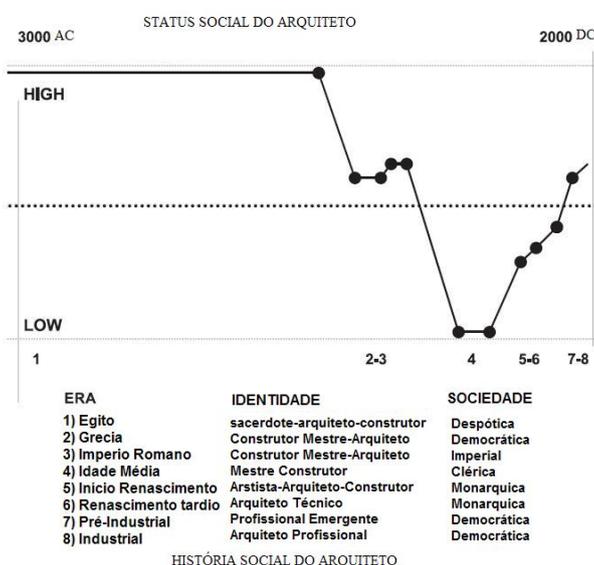


Figura – 4.3.2.III. Status social do Arquiteto na historia

Fonte: BARROW, 2004

<sup>23</sup> Entende-se que o grande público é a maioria da população por escolha ou desconhecimento são intolerantes aos conceitos e valores relacionados à Arquitetura como: estética, tecnologia, meio ambiente, história, sociologia etc.

A relação histórica do arquiteto com a tecnologia é resumida por Barrow (2004) utilizando-se das figuras 4.3.2.IV. No pré-renascimento o arquiteto era o mestre de obras e realizava as construções em conjunto com artesãos utilizando representações em 2D e 3D, no local da obra; e a comunicação era verbal. Esquemas gerais feitos para pedreiros e carpinteiros mostravam o layout da edificação. Assim, historicamente o mestre de obras/arquiteto foi sendo individualmente responsável por realizar o contato direto e comunicando verbalmente aos artesãos os desenhos para construir a arquitetura. Durante o renascimento o conceito de arquitetura adquiriu valores além da construção ganhando signos de arte. Desta maneira o mestre/arquiteto passou a ser um artista/designer, praticando Arquitetura, então surge o artista/designer representado pelo mestre/arquiteto de obra, sendo responsáveis pelas construções das obras mais significativas do renascimento. Contudo durante a renascença devido ao contexto cultural o design separou do artístico resultando em conseqüências para construtores e arquitetos. Lentamente o sistema foi se desintegrando, pois o designer importou-se com o conhecimento técnico quando esquematizavam representações para implantação dos artesãos/arquitetos/construtores. No renascimento tardio o foco do arquiteto, em relação à técnica, fundamentou-se diferentemente dos designers. Resultando em direções distintas entre o designer e o arquiteto (perdurando essas diferenças até o período da era industrial) e teve como conseqüência principal uma barreira de interações entre os profissionais arquitetos e os construtores (ver figura 4.3.2.V).

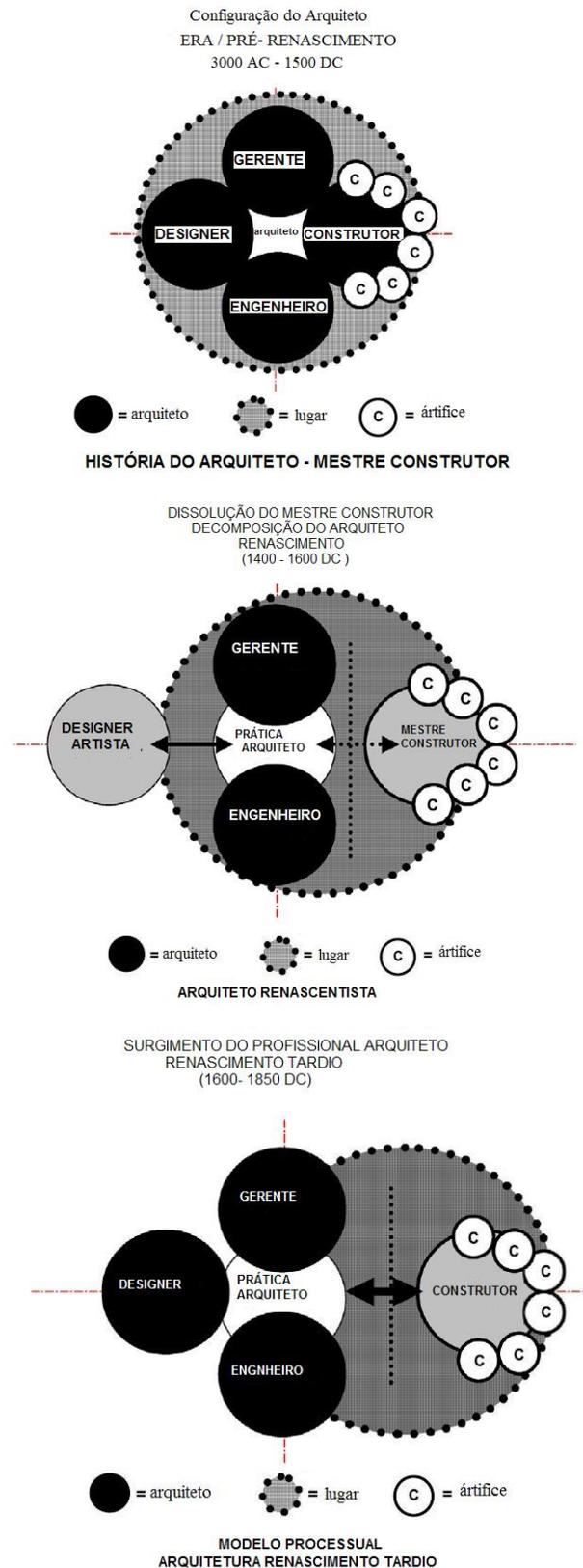
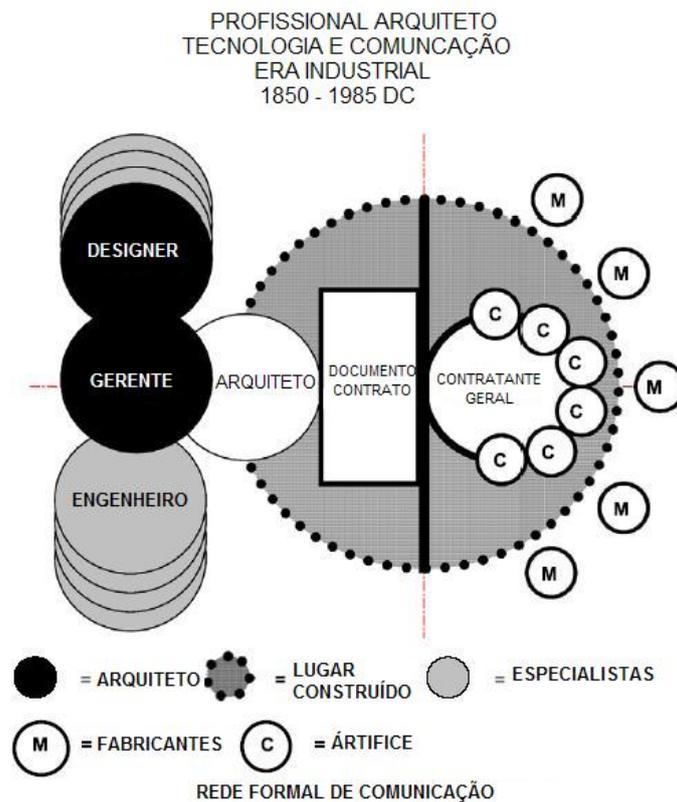


Figura – 4.3.2. IV – A B C, Modelos Evolutivos do Profissional Arquiteto  
Fonte: BARROW, 2004



Figurar 4.3.2.V. Informação e Tecnologia

Fonte: BARROW, 2004

A Arquitetura contemporânea introduziu processos produtivos migrados da indústria aérea e automobilística – por exemplo, o ciclo de vida, ver figura 4.3.2.VII. As pesquisas na indústria automobilística direcionaram transformações significativas no processo de design. A mais significativa foi a dinâmica linear “*single-event*”, dinamizando-a em “*mult-event*” - em que o processo é fragmentado e possui organização própria em cada sub-processo – ao final tem-se um modelo central digitalizado, *5D car model*, o qual testa a performance em testes de simulação, resultando em alta qualidade do produto final. Após intervenções de empresas automobilísticas americanas e construtores japoneses pelo processo de *aprendizagem* integraram o design, em conjunto com designers na fase do processo “*mult-linear*”, facilitando a criatividade, especialização, eficiência e flexibilidade. O “*mult-event*” (ver figurar 4.3.2.VI) tem custos elevados e não considerava o design como parte integrante do processo.

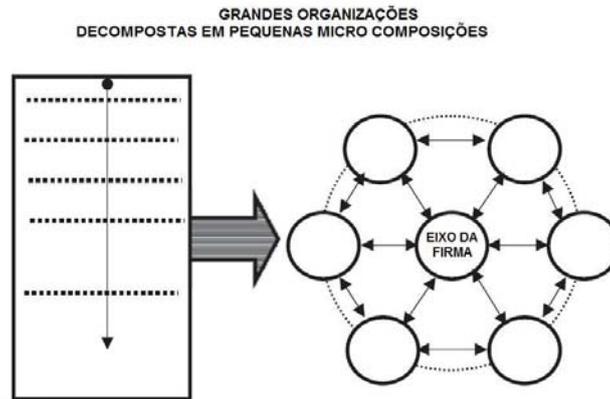


Figura 4.3.2. VI. Efeitos da tecnologia nas organizações

Fonte: BARROW, 2004

O processo linear adotado nos modelos de processos em arquitetura contribuiu para o uso de **inovação tecnológica** em Arquitetura. A objetividade e organização contribuem para aprimoramento da Arquitetura para atender a um ciclo inovativo por demanda.



Figura: 4.3.2.VII. Modelo de processos em Arquitetura

Fonte:BARROW, 2004

A Arquitetura evoluiu em atuações estéticas e individuais e subentendendo o design nos processos projectuais. A tecnologia computacional criada para auxiliar diversos profissionais está sendo comparada aos conflitos causados no renascimento, quando a técnica suplantou as questões implícitas ao seu uso. A técnica deve-se elevar ao status tecnológico inovativo capaz de criar-se e modificar-se a partir de transformações radicais, ou incrementais, impulsionando as transformações para atender a uma demanda social. A figura 4.3.2.VIII mostra os critérios do Processo de Design: *estética, tempo, orçamento, desempenho*, podem modificar-se em nível de prioridade.

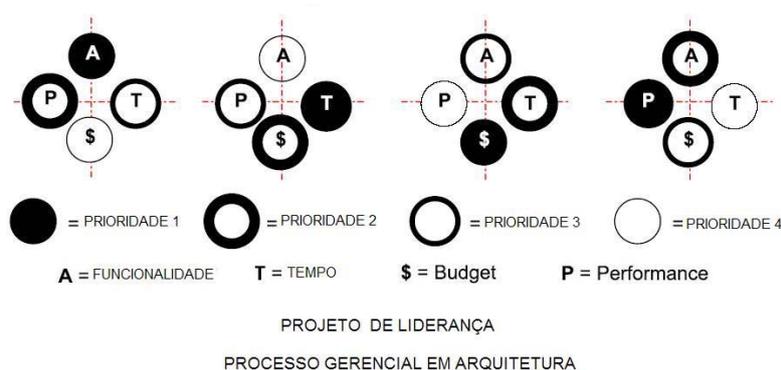


Figura: 4.3.2.VIII. Processo de Critérios

Fonte:BARROW, 2004

A figura 4.3.2.IX resume na linha temporal a formação do arquiteto e sua integração com agentes envolvidos no sistema construtivo em Arquitetura. Alguns clientes e a o grande público contribuíram para mudanças e integrações no processo de transformar o processo produtivo do design junto à Arquitetura. Segundo Barrow (2004) a tecnologia foi um componente importante para a mudança desse processo. As táticas administrativas e estratégias profissionais fazem parte de uma análise na história da sociedade e da Arquitetura.

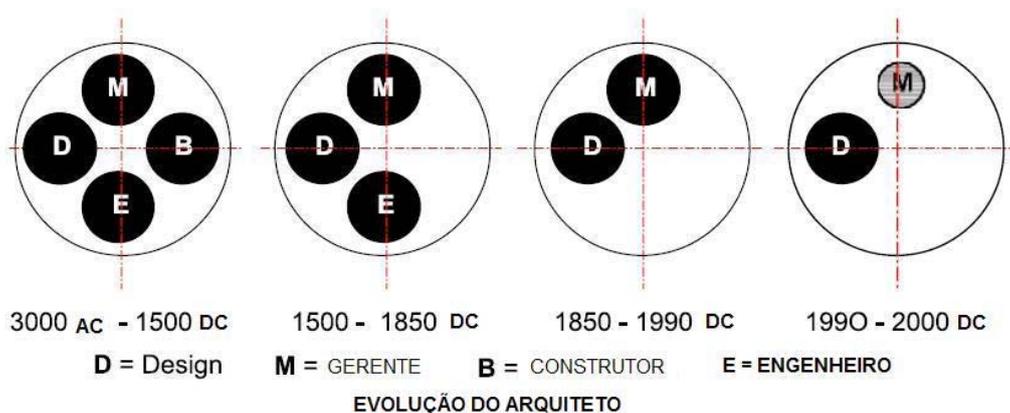


Figura: 4.3.2.IX. Resumo evolutivo do Arquiteto

Fonte: BARROW, 2004

A consequência para os profissionais da Arquitetura foi adaptar-se aos sistemas emergentes de integração da metodologia do design a práticas educacionais e profissionais do arquiteto. A proposta de Barrow (2004) é uma arquitetura cibernética - que pode ser também uma **Arquitetura Inteligente** - uma via do conhecimento e do

trabalho em Arquitetura comprometida com a tecnologia da informação e estratégias de gestão, sugerindo ao arquiteto inserir-se no contexto contemporâneo do *design inovativo*. A estrutura interrelacional da organização da arquitetura cibernética/**Arquitetura Inteligente** - do diálogo do arquiteto cibernético/**arquiteto inteligente** -; é um componente dinâmico no conhecimento que o profissional pode contribuir para inovações tecnológicas. Para a implantação e evolução da arquitetura cibernética/**Arquitetura Inteligente** é necessário utilizar ferramentas que auxiliem o projeto e o profissional. No Renascimento a atividade do corpo coletivo de profissionais integrou-se a uma única figura, o arquiteto. A sugestão de Barrow (2004) – ver figura 4.3.2.X – parte da idéia que o arquiteto contemporâneo seria um profissional com habilidades do conhecimento inteligente, interagindo com o corpo coletivo por intermédio da tecnologia. A prática em arquitetura sob essa nova ótica organizacional do conhecimento da tecnologia (ver figura 4.3.2.IX) ilustra a principal característica para viabilizar esse processo: o modelo digital, pois a forma física da arquitetura cibernética/**Arquitetura Inteligente** seria a maior barreira para a Arquitetura. E fazer inferências e sugestões seria viável por meio de protótipo/modelo digital.

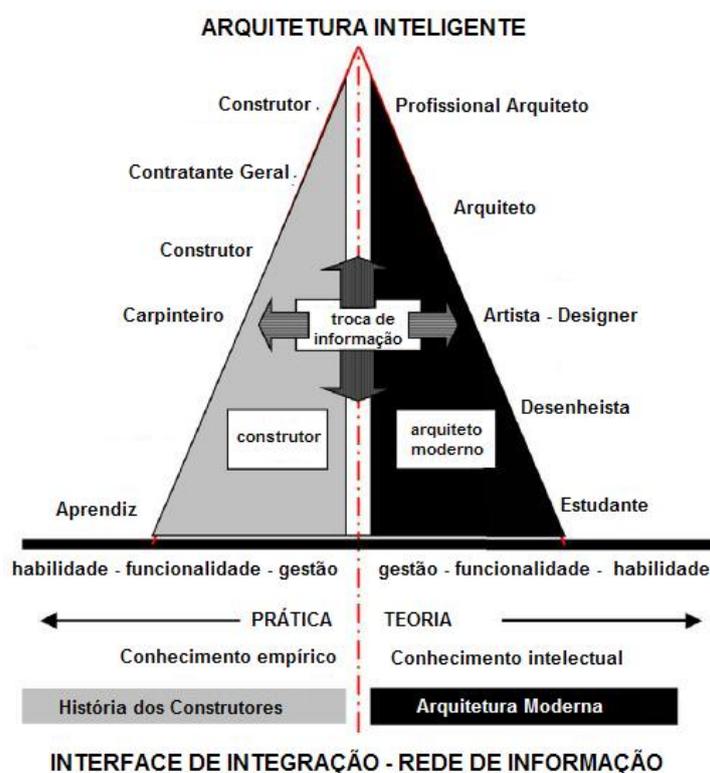


Figura: 4.3.2.X. Arquitetura Inteligente

Fonte: BARROW, 2004

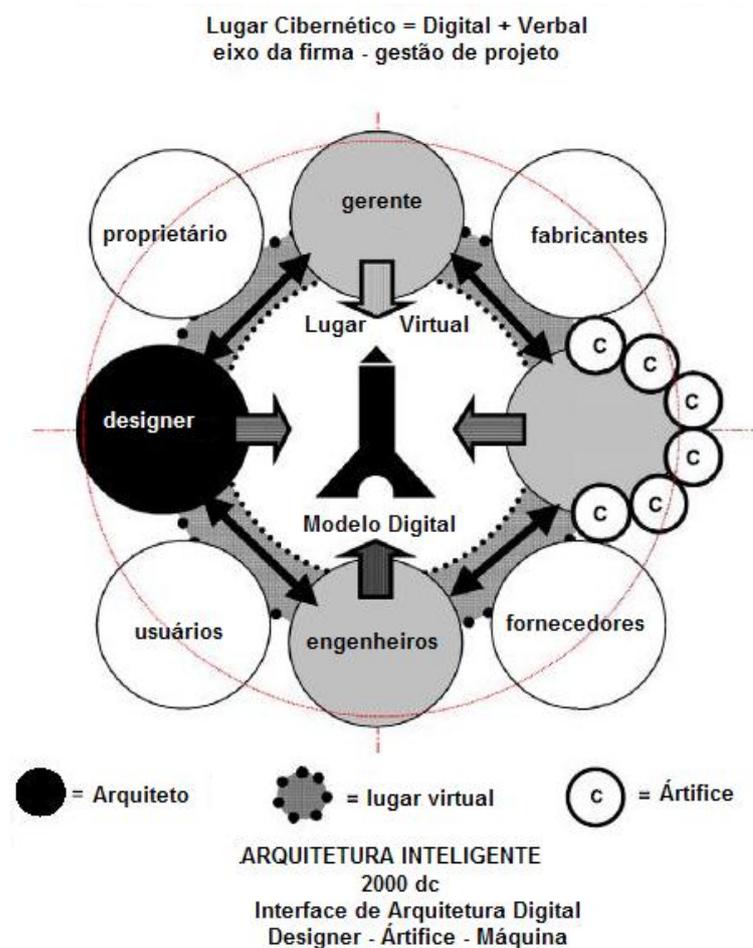


Figura 4.3.2.XI. Tecnologia e Informática em Arquitetura

Fonte: BARROW, 2005

A relação intrínseca entre Edifícios Inteligentes e ciclo de vida (CV) está no conhecimento técnico sobre impactos ambientais em relação ao design no estágio do projeto. O modelo digital cria e qualifica em forma de dados a capacidade e eficiência da **Arquitetura Inteligente** – edifícios com sistemas de automação inteligente sustentáveis. A tecnologia de inteligência artificial integrado à gestão do design no projeto direciona a pesquisa em tecnologia para tornar mais eficiente a estrutura organizativa em Arquitetura que em conjunto podem criar aberturas para a Arquitetura incorporar novos conhecimentos e toda a problemática ambiental.

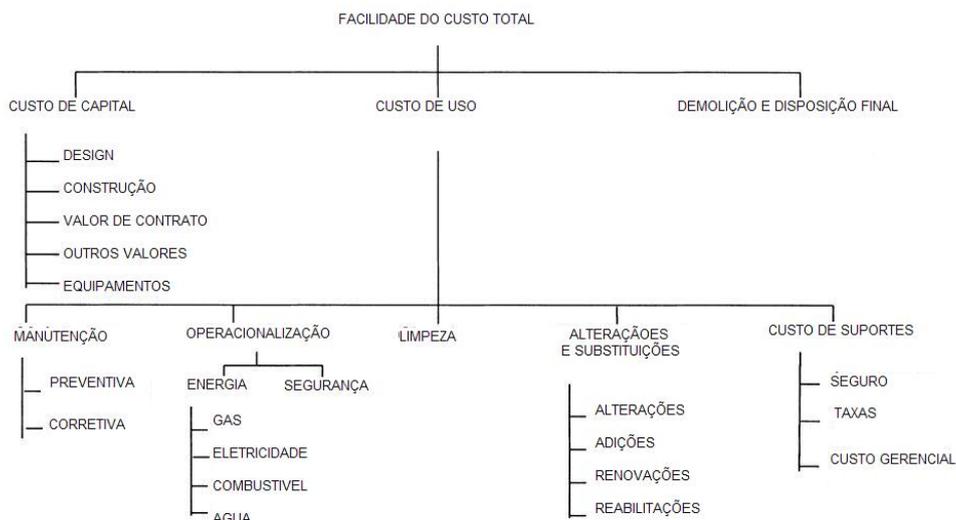


Figura – 4.3.2.XII. Estrutura de uso do Custo Ciclo de Vida em edifícios

Fonte: YANG e PENG, 2001

“O aspecto social e cultural da sustentabilidade inclui conforto e proteção ambiental, preservação de valores que possuam significados motivadores para qualquer projeto de conservação” (KUA e LEE, 2002, p.2). As possibilidades do Edifício Inteligente são expressas em três dimensões de sustentabilidade: *ecológica* (pesquisa e proteção de ecossistemas), *econômica* (baixo custos e pesquisas em produtividade em longo tempo) e *sócio cultural* (da saúde e conforto, e preservação de valores sócios culturais). Ver figura 4.3.2.XIII.

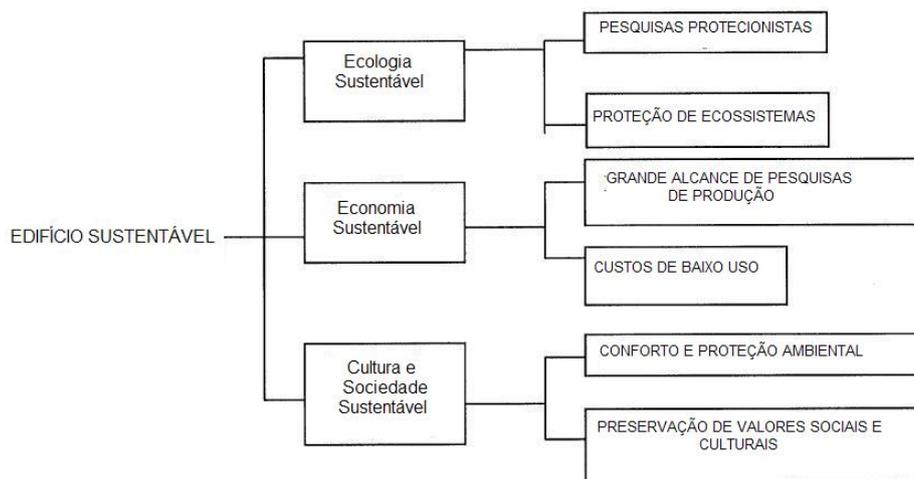


Figura – 4.3.2.XIII. Três dimensões do edifício sustentável

Fonte: KUA e LEE, 2002

Para implantar um sistema com características sustentáveis em Arquitetura os autores Kua e Lee (2002) resumiram em um diagrama (ver figura 4.3.2. XIII) a cooperação de programas entre a indústria e colaboração tecnológica e adaptações de soluções. Criando uma rede de comunicação entre iniciativas regionais e nacionais servindo para tecnologias de Edifício Inteligente regional e internacional. Incluindo no sistema atividades de educação em Centros Inteligentes, cursos em Laboratório de Inteligência; adaptando e colaborando com o potencial de projetos sustentáveis.

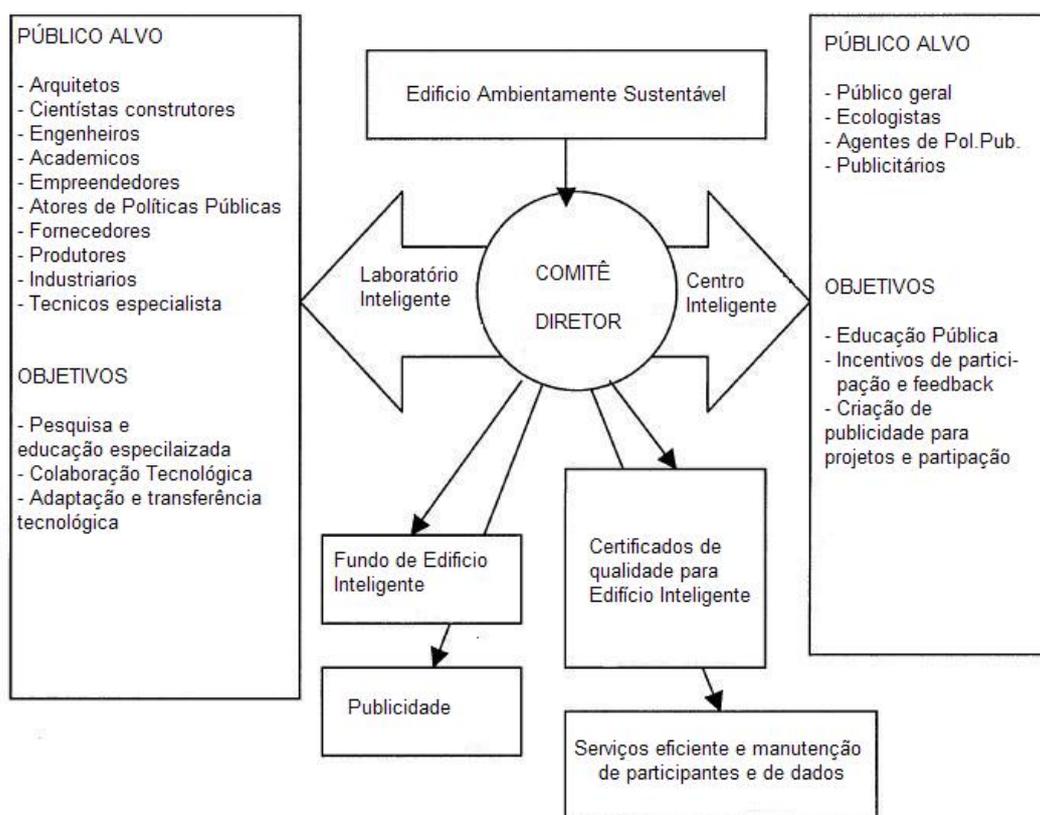


Figura – 4.3.2.XIV. Diagrama esquemático de iniciativas em Edifícios Inteligentes

Fonte: KUA e LEE, 2002

O entendimento sobre a metodologia e os indicadores abordados neste subitem mostra a relação dos impactos ambientais seus processos e resultados intermediários até a obtenção do indicador. A partir deste conhecimento pode-se questionar a validade do indicador e suas possíveis mudanças, a fim de melhorar o seu conteúdo e diagnóstico. E as figuras 4.3.2.XII, XIII e XIV contextualizam os conceitos envolvidos em edificações sustentáveis. Para obter a taxonomia da Arquitetura Inteligente relacionando o ciclo de vida nas etapas que envolvem o processo construtivo e o uso do indicador fornece a

melhor opção na escolha de um material A ou B. Podendo essa escolha estar relacionada aos custos envolvidos na construção do edifício.

O processo histórico de diferenciação entre o design e Arquitetura mostra os reflexos da dinâmica do profissional envolvido na criação de um objeto que faz uso da matéria-prima. Pelas figuras de Barrow (2004) pode-se analisar em que momento o uso do ciclo de vida e inovações tecnológicas devem ser inseridos na dinâmica projetual para minimizar danos ao meio ambiente.

#### **4.3.3. ZEDfactory – Ciclo de vida e Arquitetura**

O projeto ZEDfactory, é resultante do trabalho de um grupo de profissionais especializados em fazer projetos com componentes utilizando tecnologia para energia renováveis, contribuindo para diminuição de CO<sub>2</sub> na atmosfera. As figuras que se seguem ilustram algumas possibilidades quando tecnologia e Arquitetura dialogam em direção a resoluções de impactos ambientais. A figura 4.3.3.I ilustra como os dados são vistos na tela do computador utilizando um programa de ACV. Os dados são convertidos em gráficos e números e são interpretados para auxiliarem nas decisões formais da Arquitetura e conceber o *inventário* do edifício. Os dados qualitativos quanto à eficiência da Arquitetura do Grupo ZEDfactory são expostas na figura 4.3.3.II. Esses valores podem ser comparados com os requisitos das certificações de edificações sustentáveis como: *Green Building GBTool* (consórcio internacional internacional de pesquisadores); *EcoHomes* (the environmental rating for homes – Reino Unido); LEED (Leadership in Energy & Environmental Design); CASBEE (Comprehensive Assessment Building Environmentl Efficiency) e PromisE (Finnish Environmental Assessment and Classification System).



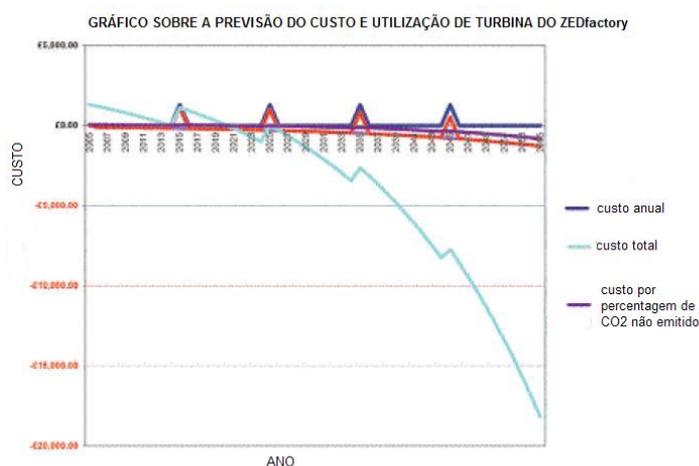
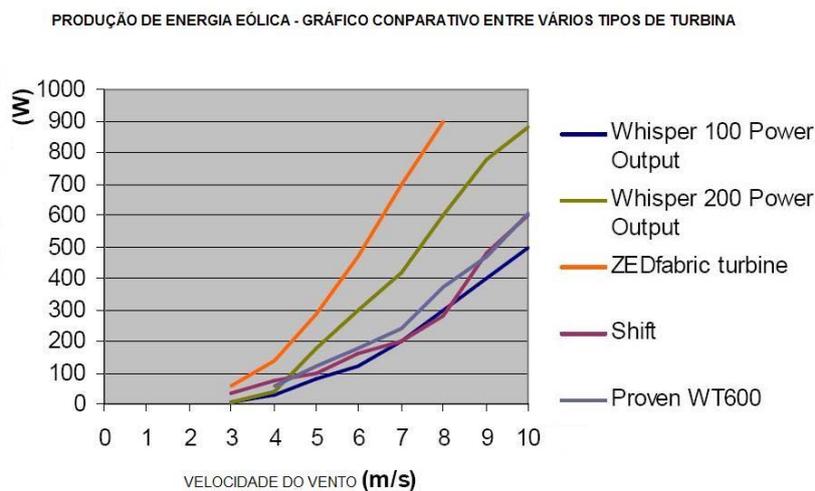


Figura – 4.3.3.II - Valores reais de aplicações de inovações do ZEDfactory

Fonte: ZEDFACTORY, em [www.zedfactory.com](http://www.zedfactory.com)

O conjunto tecnológico utilizado em Arquitetura pelo ZEDfactory resume-se no Modelo Virtual Típico, figura 4.3.3.III, composto por elementos de geração de energia eólica e solar; ver figuras 4.3.3.IV a 4.3.3.VIII; e a figura 4.3.3.IX mostra uma edificação interna e externamente concebido pelo ZEDfactory. As inovações adaptadas à Arquitetura ou a Arquitetura que se transforma em inovação são exemplificadas pelos componentes verticais ou horizontais do sistema de geração eólica, componentes fotovoltaicos e na figura 4.3.3.IX toda a fachada torna-se um componente de geração de energia para o consumo interno do prédio.

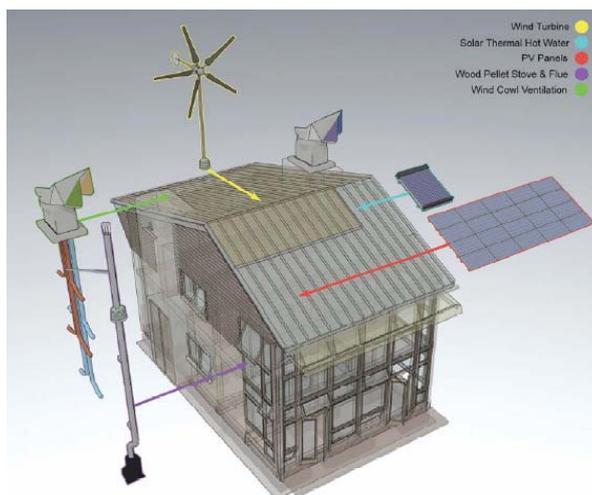


Figura – 4.3.3.III – Modelo Virtual Típico

Fonte: ZEDFACTORY, em [www.zedfactory.com](http://www.zedfactory.com)

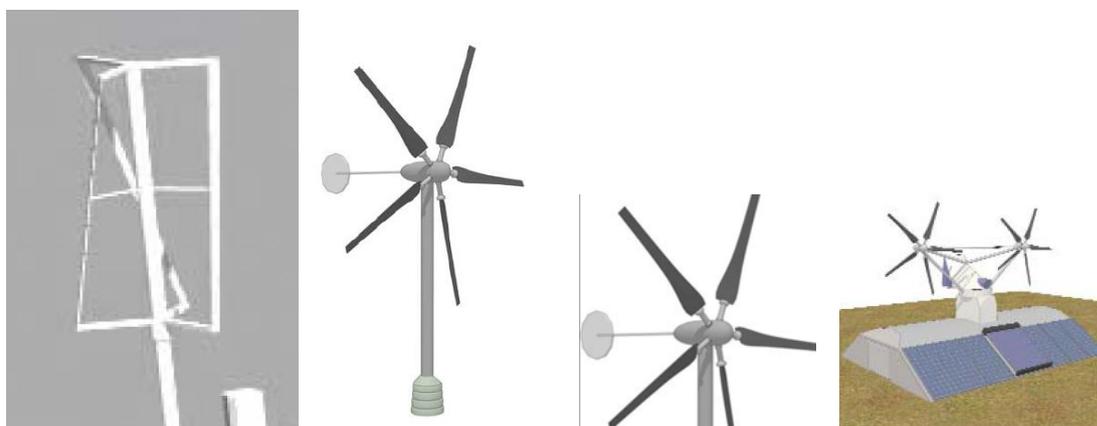


Figura – 4.3.3.IV - Componentes de sistema de geração eólica

Fonte: ZEDFACTORY, em [www.zedfactory.com](http://www.zedfactory.com)



Figura – 4.3.3.V- Componentes fotovoltaicos

Fonte: ZEDFACTORY, em [www.zedfactory.com](http://www.zedfactory.com)

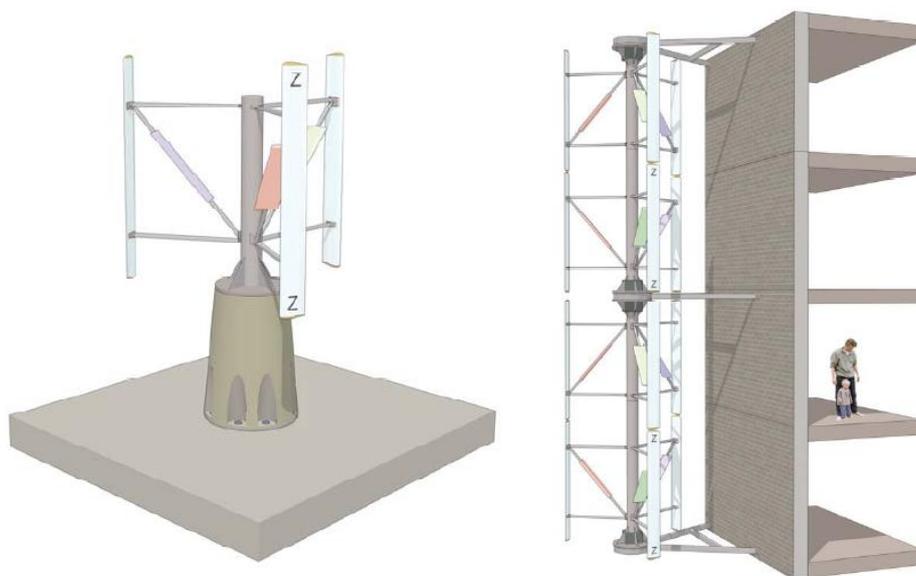


Figura – 4.3.3.VI – Componentes vertical de geração de energia eólica

Fonte: ZEDFACTORY, em [www.zedfactory.com](http://www.zedfactory.com)

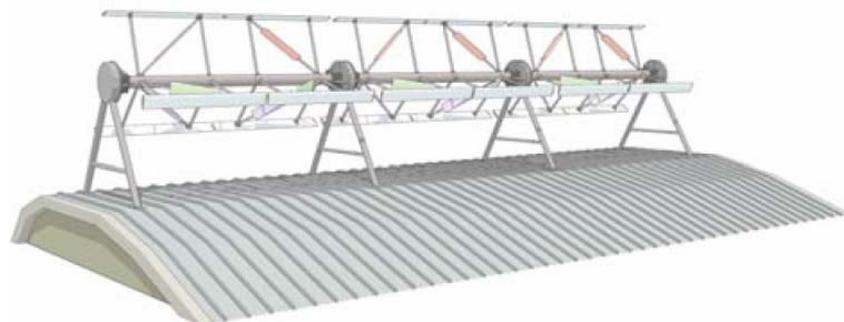


Figura – 4.3.3.VII – Componente horizontal de geração de energia eólica

Fonte: ZEDFACTORY, em [www.zedfactory.com](http://www.zedfactory.com)

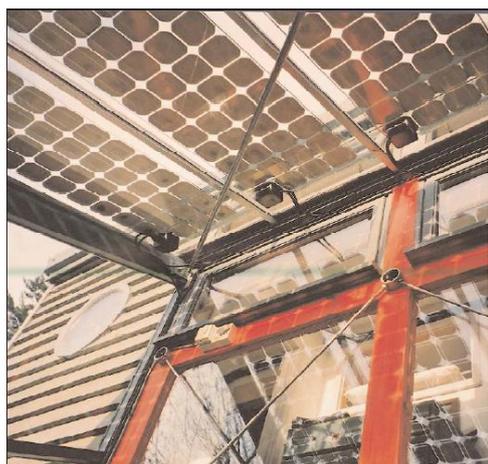
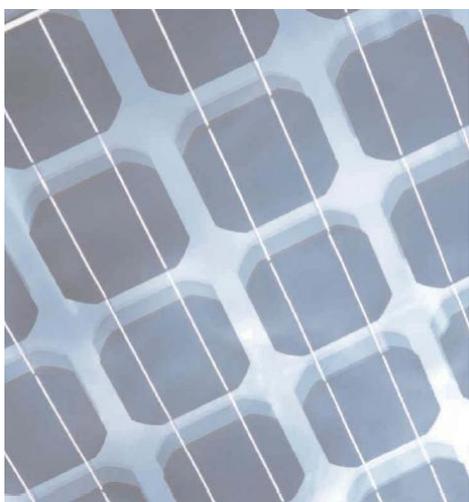


Figura – 4.3.3.VIII – Coletores solares

Fonte: ZEDFACTORY, em [www.zedfactory.com](http://www.zedfactory.com)



Figura – 4.3.3.IX – Interior e Exterior de uma Arquitetura Inteligente

Fonte: ZEDFACTORY, em [www.zedfactory.com](http://www.zedfactory.com)

As peças que formam o conjunto arquitetônico podem sofrer inovações incrementais ou radicais na medida em que essas possam responder com mais eficiência a diminuição de impactos ambientais negativos. As certificações atestam o quanto cada edificação está sendo ambientalmente menos poluente. Cada certificação tem seu método de análise e formulação do indicador dependendo do país em que é utilizada e o princípio geral foi exposto por Goedkoop e Spriensma (2000).

O uso de metodologias e ferramentas utilizadas pela Análise do Ciclo de Vida (ACV) tem como forma final principal os indicadores (divididos em três categorias: seres humanos, qualidade dos ecossistemas e recursos naturais) para avaliar os resultados da escolha de um material A ou B. As figuras apresentadas por Barrow (2005) ilustram como a dificuldade e distinções surgiram na história da Arquitetura e do Design tornando este mais adaptável ao Ciclo de Vida. O conceito de Arquitetura Inteligente para Barrow (2005) constitui a integração final entre o sistema de integração na produção de um objeto arquitetônico ou do design. O sistema pode ser composto por: profissionais, empresas, usuários e outros (ver figura 4.3.2.XI). Conhecendo os sujeitos envolvidos no sistema da Arquitetura Inteligente pode-se estruturar a inserção do ciclo de vida em Arquitetura. Portanto, a taxonomia da Arquitetura Inteligente compõe-se de inovação tecnológica e as três dimensões do Edifício Sustentável (ver figura 4.3.2.XIII).

## 5. CONCLUSÕES

Nenhuma técnica de produção, nem nenhuma tecnologia dos materiais ou de suas inovações (no sentido estrito agora mencionado e no sentido lato com que empregamos esta palavra) podem por si só determinar a arquitetura, mas por outro lado é impossível degradar a técnica a um nível de puro instrumento, de simples meio para realizar uma determinada idéia. Isso porque toda técnica operativa é enquanto método, e como tal se integra como valor numa nova realidade que ela mesma contribuiu para construir e, portanto, nega o estado de pura manipulação prática, de mero instrumento, para implicar em todo ato a consciência (ou a inconsciência, mas, em todo caso, a existência) de uma intenção, de uma finalidade.

A clara visão desta impossibilidade de redução a meio ou de posse completa abre a difícil problemática da complexidade estrutural do objeto no espaço que medeia entre a projeção e a construção da imagem arquitetônica; através da manipulação tecnologicamente complexa dos materiais, repropõe-se o problema de sua redução tipológica em termos novos: não tanto a partir da redução levada a cabo pela normalização construtiva (enquanto estandardização dos produtos e dos modos de conexão ou enquanto elaboração de esquemas ideais ou típicos dos comportamentos estáticos e construtivos), mas como tipologia das possíveis estruturas de conexão entre técnica e invenção arquitetônica. (GREGOTTI, 1972, p.176).

Para além de toda inspiração técnico-formal, a técnica, como liberação do homem da fadiga, converte-se numa esperança social do mundo, e o empenho do arquiteto frente a ela, num compromisso ético (GREGOTTI, 1972, p.168).

Esta dissertação contextualiza as possibilidades sustentáveis abordadas pela relação sistêmica social da Arquitetura e em conjunto com a inovação tecnológica para o desenvolvimento criativo e dinâmico do profissional arquiteto capaz de formular discurso arquitetônico em forma arquitetônica.

A estrutura dos sistemas de automação predial contém conceitos e estudos científicos capazes de conciliar com outros sistemas. Conhecimento, esse abordado na Proposição I. O seu caráter de inteligência e resposta de uma situação adversa. A semelhança de sistemas de inteligência predial com inteligência humana, animal e robótica consolidam as pesquisas existentes no setor de automação predial envolvendo P&D (Pesquisa & Desenvolvimento). A inteligência artificial e tecnologia,<sup>24</sup> em conjunto com o

---

<sup>24</sup> Referente ao conceito de tecnologia abordado por Sáenz e Capote (ver p. 51).

profissional arquiteto, corroboram para criar situações em modelos virtuais testando a eficiência do design em arquitetura, caracterizando esse processo como Arquitetura Inteligente – um conceito que abrange a capacidade cognitiva entre as partes do todo na Arquitetura. O todo é a matéria constituinte do projetar em Arquitetura exposta por Gregotti (1972). O arquiteto representa a capacidade de administrar o todo para fazer Arquitetura. Ferramentas inteligentes podem capacitar a viabilidade de modelos virtuais em arquitetura sustentável materializada, consumindo menos energia e/ou sendo regionalizada tecnologicamente como destaca esse autor.<sup>25</sup>

A intensidade, causas e conseqüências dos impactos ambientais podem ser analisadas cientificamente. As proposições I e II indicaram os conceitos sob dois aspectos: o primeiro uma convergência de conceitos e ferramentas tecnológicas capazes de contextualizar Arquitetura e sustentabilidade, direcionando soluções inovativas e conceituando esse contexto como Arquitetura Inteligente; e o segundo uma relação sistêmico social possibilitando uma análise numérica da quantidade de matéria-prima utilizada pela população mundial.<sup>26</sup>

Na proposição III o conceito de *Ciclo de Vida e Inteligência* faz a ponte entre o processo histórico do design e arquitetura para questionar o objetivo da Arquitetura sob os aspectos dos novos paradigmas sustentáveis no século XX e XXI. Respectivamente, a compreensão do gasto de energia e a degradação ambiental causados na fabricação de um produto industrializado ou não; e a capacidade cognitiva de armazenar e interagir dados eficientemente contribui para formar um corpo de possibilidades técnicas auxiliares ao Arquiteto, capacitando-o a interagir no metabolismo sócio-econômico (MSE), tornando a Arquitetura Inteligente um subsistema de sistemas abertos. Para

---

<sup>25</sup> O exercício da invenção é central porque parte da percepção e da memória em direção ao que ainda não é, mas este exercício não é casual ou gratuita violação do já constituído, mas sim busca contínua de uma ordem nova e diversa, instituição de uma nova possibilidade, de uma nova experiência do mundo acionada materialmente, não há nenhuma razão em julgar que a invenção, enquanto bem social inexaurível, não possa ser cultivada ou ensinada e, sobretudo, convertida em disciplina, quer dizer, traduzida na única forma de encontro possível com o problema arquitetônico. (GREGOTTI,1972,p.29).

<sup>26</sup> Os conceitos abordados por Fischer-Kovalski (2003) e Fenzl(2000) podem quantificar o volume de matéria-prima explorada, ou seja, o que é calculado é degradação ambiental causada pela ação do homem ao explorar os recursos naturais e transformá-los em bens de consumo.

objetivos desse estudo foi preciso traçar as seguintes definições: *Edifícios Inteligentes* (os quais possuem conceito de tecnologias aplicadas ao edifício e não à Arquitetura, mas que continham definições tecnológicas inovativas de sistemas de automação em inteligência predial); *ciclo de vida* (organização do design analisando seus gastos energéticos e impactantes); e *trajetória* da tecnologia em arquitetura para construir um sistema taxonômico capaz de contextualizar a capacidade das inovações tecnológicas em conjunto com a Arquitetura para responder aos problemas ambientais causados pelo habitat humano.

A relação humana com a natureza estabelece situações de dominação do lugar. Moore (2001) confronta o lugar estabelecendo a tecnologia como a tarefa de ocupar habitualmente os espaços; contextualizado historicamente a formulação da maneira de expandir tecnologia no espaço humano pela dominação de desejos associativos expressos em signos tecno-espacial. Sugerindo, assim, a *compreensão e dominação e percepção* do lugar geográfico ocupado para desenvolver a taxonomia da Arquitetura Inteligente. A interação criativa respondendo a necessidades que o próprio habitar constituiu pela dominação da ocupação espacial forma essa referência associativa entre inteligência e forma arquitetônica que dominam os espaços. A tecnologia e a Arquitetura circundam seus próprios conceitos que em momentos históricos fragmentaram-se direcionando seu foco para o design e a construção, interrompendo uma organização produtiva capaz de interagir forma e função/resposta e não forma função/proposta.

As três dimensões da edificação sustentável – ecologia, economia e cultura e sociedade – formam em conjunto com a taxonomia do edifício inteligente os conceitos de Arquitetura Inteligente.<sup>27</sup> E a Avaliação do Ciclo de Vida uma ferramenta para mostrar os indicadores que possibilitem a escolha do uso de um determinado material satisfazendo a essas dimensões. Por isso a dissertação veio em forma de proposições,<sup>28</sup> porque a relação sociedade-tecnologia pode ser analisada por diversos segmentos do conhecimento. Devido os problemas de impactos ambientais terem características

---

<sup>27</sup> Ver figura 4.3.2.XIII e 4.3.2.XIV.

<sup>28</sup> Ver conceito de proposições aplicados nesta dissertação, nota 1, pg. 15.

sistêmicas cada proposição teve a finalidade de conceituar um subsistema da Arquitetura Inteligente e seu contexto sustentável.

Identificando a estrutura taxonômica da Arquitetura Inteligente os novos conteúdos podem ser inovativos ou interpretativos; segundo Erladsoon e Levin (2004) pode-se gastar menos energia em consumo utilizando edifícios abandonados, ou seja, reutilizando edifícios. Assim, a Arquitetura Inteligente constitui-se de significados abrangendo inteligência de automação e ocupação espacial; sendo a matéria o uso de tecnologias inovativas para a avaliação de dados capazes de inserir a Arquitetura Inteligente no conceito sistêmico social, formalizando em dados interpretativos os paradigmas da Arquitetura no contexto sustentável. As possibilidades interpretativas de ocupações espaciais a diversas respostas inovativas, por exemplo, a reutilização de edificações, analisa dados de conservação de energia e dados de produção do edifício que descartado e a inovação tecnológica será referente aos componentes da edificação que respondam positivamente a esta demanda. Segundo Erladsson e Levin (2004), o desempenho ambiental com inovações tecnológicas em antigos prédios são maiores que edifícios novos, em relação ao uso de água.<sup>29</sup>

O contexto sustentável abrange diversas áreas do conhecimento como, por exemplo, a antropologia, economia e ecologia. Para inserir a Arquitetura na formalização de soluções que possam diminuir os impactos ambientais o ciclo de vida relaciona-se com o design e sua linha de produção para exemplificar sua capacidade de interagir com a criação e a produção. Os componentes formais da Arquitetura quando compreendidos como inovações tecnológicas podem ampliar a dimensão da criação no contexto sustentável. As inovações tecnológicas impulsionam os conteúdos em Arquitetura Inteligente capacitando os profissionais com o auxílio do ciclo de vida a determinar e criar um ciclo de inovações tecnológicas na Arquitetura. Ao compreender relação com o ciclo de vida e a maneira como os profissionais podem utilizar a inovação tecnológica

---

<sup>29</sup> O estudo de Erladsson e Levin (2004), quanto ao fator água, mostra que o impacto ambiental é menor quando se utiliza inovações tecnológicas em edifícios já construídos, ou seja, construir uma nova edificação causa um impacto maior ao meio ambiente. A Arquitetura Inteligente é uma maneira de entender o ciclo de vida como ferramenta para intervenções espaciais no espaço desocupado e ocupado. Em construções novas e em reformas, por exemplo.

em Arquitetura a Arquitetura Inteligente insere-se no contexto sustentável de maneira positiva, ou seja, causando menos impacto ambiental.



## 6. BIBLIOGRAFIA

ARENA, Alejandro Pablo. Análisis de ciclo de vida y sustentabilidade ambiental del sector edilicio. In: CALDEIRA-PIRES, Armando (Org.); SOUZA-PAULA, Maria Carlota de (Org.); VILLAS BOAS, Roberto C (Org.). **Avaliação do ciclo de vida: a ISO 14040 na América Latina**. Brasília:Abipti, 2005. IV, p. 220 – 247.

ARGAN, Giulio Carlo. **Arte moderna**. Tradução Denise Bottmann e Frederico Carotti. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.

ATHENA INSTITUTE. **Service life considerations interrelation to green building rating systems an exploratory study**, Ontario, 2006.

BARROW, L. Elitism, IT and the modern architect opportunity or dilemma. **Automation in Construction**, Starkville, v. 13, p. 131– 145, 2004.

CAPOTE, Emilio G; SÀENZ, Tirso W. **Ciência, inovação e gestão tecnológica**. Brasília: CNI/Senai, Abipti, 2002.

CLARK, M. Domestic futures and sustainable residential development. **Futures**, Preston, v. 33, p. 817–836, 2001.

CONFERENCE ON THE FOUNDATIONS OF INFORMATION SCIENCE. **Information and self organisation of complex systems**. 3., 2005, Paris.

DICIONONÁRIO Houaiss da língua portuguesa. 1. ed. [s.l]. Objetiva: INSTITUTO ANTONIO HOUAISS. 3008 p.

DINIZ, Nilo; SILVA, Marina; VIANA, Gilney. **O desafio da sustentabilidade: um debate socioambiental no Brasil**. São Paulo, Fundação Perseu Abramo, 2001.

ERLANDSSON, Martin; LEVIN, Per. Environmental assessment of rebuilding and possible performance improvements effect on a national scale. **Building and Environment**, Stockholm, v. 39, p. 1453–1465, 2004.

FENZL, NORBERT. O conceito de desenvolvimento sustentável em sistemas abertos. In: POEMATROPIC: POBREZA E MEIO AMBIENTE NO TRÓPICO ÚMIDO, 1998, Belém.

FENZL, Norbert; MACHADO, José Alberto da Costa. A sustentabilidade do desenvolvimento e a demanda material da economia: o caso do Brasil comparado ao de países industrializados. **Novos Cadernos do Naea**, Belém, v. 3, n. 2, p. 79-143, 2000. Disponível em: <<http://www.gpa21.org/br/publicacao.php?CodPublicacao=22>>. Acesso em: 15/04/2007.

FISCHER-KOWALSKI, Marina. On the History of Industrial Metabolism. In: PERSPECTIVES ON INDUSTRIAL ECOLOGY. **Greenleaf Publishing**, 2003. Disponível em: <[http://www.iff.ac.at/socec/basics/basics\\_leitung\\_en.php](http://www.iff.ac.at/socec/basics/basics_leitung_en.php)> Acesso em: 15/04/2007.

FISCHER- KOWALSKI, Marina; AMANN, Christof. Beyond IPAT and Kuznets Curves: Globalization as a Vital Factor in Analysing the Environmental Impact of Socio-Economic Metabolism. **Population and Environment**, Vienna, v. 23, n.1, 2001. Disponível em: < [http://www.iff.ac.at/socec/basics/basics\\_leitung\\_en.php](http://www.iff.ac.at/socec/basics/basics_leitung_en.php)>. Acesso em : 15/04/2007.

FISCHER- KOWALSKI, Marina; HABERL, Helmut. Sustainable Development: Socio-Economic Metabolism and Colonization of Nature. **International Social Science Journal**, Vienna, v.158, n.4, p. 573-587, 1998.

FISCHER- KOWALSKI, Marina; HABERL, H; PAYER, H. A Plethora of Paradigms: Outlining an Information System on Physical Exchanges between the Economy and Nature. **Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development**, Tokyo, New York, Paris, p. 337-360, 1994.

FISCHER- KOWALSKI, Marina; HÜTLER, W. Intellectual History of Material Flow Analysis, Part II. In: **Journal of Industrial Ecology**, Vienna, v. 2, n. 4, p. 107-137, 1970 – 1998.

FISCHER-KOWALSKI, Marina; WEISZ, Helga. Society as hybrid between material and symbolic realms – toward theoretical framework of society – nature interaction. **Advances in Human Ecology**, Vienna, vol. 8, p. 215-251, 1999.

FOUCAULT, Michel. **As palavras e as coisas**. São Paulo: Martins fontes. 2002.

FREEMAN, C; SOETE, L. Introduction. **The economics of industrial innovation**. In: Freeman e Soete. 3.ed. Cambridge, Massachussetts, The MIT Press, 1997. cap.1, p.1-25.

GOEDKOOP, Mark; SPRIENSMA, Renilde. **The Eco-indicator 99 A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment** Methodology Report. 2. ed, 2000.

GREGOTTI, Vittorio. **Território da arquitetura**. 3. ed. [S.l.]: Perspectiva, 2004. 192p. (Coleção debates).

KRONER, Walter M. An intelligent and responsive architecture. **Automation in Construction**, Troy, v. 6, p. 381-393, 1997.

KUA, H.W; LEE, S.E. Demonstration intelligent building—a methodology for the promotion of total sustainability in the built environment. **Building and Environment**, Singapore, v. 37, p 231–240, 2002.

LAM, Cláudio. **Empreendimentos eco-sustentáveis**: aplicação de parâmetros de eco-sustentabilidade em edifícios comerciais no mercado imobiliário de São Paulo. 2004. 91 p. Monografia (MBA em Gerenciamento de Empresas e Empreendimentos na Construção Civil, com ênfase em *Real State*) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

LEFF, Henrique. **Saber Ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Rio de Janeiro: Vozes,2001.

LIFE cycle assesement an operantion guide to the ISO standards , Final report, 2000.

LIPPKE, Bruce. The unseen connection: building materials and limate change incomplete data skews the impact of environmentally focused building standards. **California Forests** , v. 10, n. 1, p.12-13, 2006.

MANUAL de Oslo. 3. ed. Ocde/Erostat/Finep. 1997. Disponível em <[http://www.finep.gov.br/imprensa/sala\\_imprensa/oslo2.pdf](http://www.finep.gov.br/imprensa/sala_imprensa/oslo2.pdf)>. Acesso em 15/04/2007.

MARICATO, Ermínia. Urbanismo na periferia do mundo globalizado metrópoles brasileiras. *Perspectiva*, São Paulo, v.14, n.4, 2000.

MERLEAU-PONTY, Maurice. **A Natureza**. São Paulo: Martins Fontes,2000.

MOORE, Steven A. **Place and Technology**. Austin, TX: University of Texas Press, 2001, 272 p.

NASICMENTO, Elimar P. Globalização e exclusão social: fenômenos de uma nova crise da modernidade? **Desafios da globalização**, ed. Vozes.

PIRES, Mauro Oliveira. A perspectiva do desenvolvimento sustentável. In: LITTLE, Paul E. (org.). **Políticas públicas ambientais no Brasil**: análises, instrumentos e experiências. São Paulo: Peirópolis, 2003.

PROJETO SUSAM, Oct. 6-8, 2001, Rio de Janeiro. **Rapid Metabolic Change as a Chance and a Threat to Sustainability**:The Case of Amazonia Prepared for Open Meeting of the Global Environmental Change Research Community. Disponível em: <<http://www.gpa21.org/br/index.php>>. Acesso em: 15/04/2007.

RUTISHAUSER, Ueli; JOLLER, Josef; DOUGLAS, Rodney. Control and Learning of Ambience by an Intelligent Building IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics — Part A. **Systems and Humans**, Zurich, v. 35, n. 1, p 121- 132, 2005.

SCHUMPETER, Joseph A. O fenômeno fundamental do desenvolvimento. In: \_\_\_\_\_. **Teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1982. cap. II, p. 43-66. (Coleção Os Economistas).

SOARES. Sebastião Roberto, et al. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos (revestimento, blocos e telhas) do Setor Cerâmico da Indústria de Construção Civil Panorama do Setor**. Relatório parcial I/IV, UFSC, 2002.

SUPPEN. Nydia. et al. La série iso 14040 análisis de ciclo de vida. In: CALDEIRA-PIRES, Armando (Org.); SOUZA-PAULA, Maria Carlota de (Org.); VILLAS BOAS, Roberto C (Org.). **Avaliação do ciclo de vida: a ISO 14040 na América Latina**. Brasília: Abipti, 2005. IV, p. 220 – 247.

TRUSTY, Wayne B; HORST, Scot. **Integrating LCA Tools in Green Building Rating Systems**.

VEZZOLI, Carlo. An overview of life cycle design and information technology tools. The Journal of Sustainable Product Design. **The journal sustainable product design**, Milan, v. 9, p. 27- 35,1999.

WONG, J.K.W; WANG, H; LI, S.W. Intelligent building research: a review. **Automation in Construction**, Kowloon, v. 14, p.143– 159, 2005.

YANG, J; PENG, H. Decision support to the application of intelligent building technologies. **Renewable Energy**, Brisbane, v. 22 , p. 67 – 77, 2001.