

# SUSTENTABILIDADE E PROCESSOS DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES.

SUSTAINABLE AND DESIGN BUILDING PROCESSES

## Silvio R. F. MOTTA

Engenheiro Arquiteto, Mestrando Escola de Engenharia da UFMG  
silvio.motta@gmail.com

## Maria Teresa P. AGUILAR

Engenheira, Professora do Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais – teresa@ufmg.br

### RESUMO

O artigo faz uma revisão histórica do desenvolvimento sustentável e da sustentabilidade no ambiente construído e descreve os principais conceitos e práticas que vem sendo adotadas para implantação da sustentabilidade na construção civil. Estes conceitos e práticas são revistos utilizando como método de análise a dialética, a teoria geral de sistemas e teorias de processos criativos. Os conceitos são também analisados sob a perspectiva das práticas da gestão pela qualidade. O artigo propõe um modelo baseado na dialética, no qual a sustentabilidade é considerada um sistema aberto e uma busca inventiva. A implantação da sustentabilidade nos empreendimentos, empresas e processos de projetos são consideradas estratégias fundamentais. É proposta uma inserção vertical da sustentabilidade no processo, de modo que esta se apresente em todas as fases, atividades e estrutura do mesmo. O modelo é organizado de modo promover a soluções criativas externas ao processo, através da promoção de centros de pesquisas. São sugeridas ferramentas de seleção de possibilidades e práticas, considerando as características dialéticas propostas. O artigo conclui que sustentabilidade se apresenta como uma mudança cultural nos processos, práticas e gestão atuais.

**Palavras-chave:** sustentabilidade, processos de projeto, edificação.

### ABSTRACT

The article presents a historical revision of the sustainable development and the sustainable in the constructed environment. It describes the main concepts and practices for implantation of the sustainable in the civil construction. These concepts and practices are reviewed from the perspective of the dialectic method, the general theory of systems and the theories of creative processes. These concepts are also analyzed from the perspective of quality management. The article proposes a model based on the dialectic, in which sustainability is considered an open system and a search inventive. The implantation of the sustainable in projects, companies and design processes are considered as main strategy. A vertical insertion of the sustainable in the process is proposal. In this vertical insertion, the sustainable is presents in all the phases and activities of the process. The model is organized to promote the external creative solutions to the process, through the promotion of research centers. Tools of selection of possibilities and practical are suggested, considering the characteristic dialectics proposals. The article concludes that sustainable is a cultural change in the processes, practical and management current.

**Key words:** sustainability, design process, building,

## **1. INTRODUÇÃO**

Nosso modelo de desenvolvimento se baseia em um crescente consumo de recursos naturais, com uma conseqüente degradação e poluição ambiental. Segundo METHA (1999), este consumo crescente se dá tanto por parte de países industrialmente ricos quanto por parte dos países em desenvolvimento ou industrialmente pobres. Nos países ricos, a manutenção dos elevados padrões de vida continua a promover um consumo crescente. Por outro lado, os países em desenvolvimento, na busca por melhorias em seus padrões de vida, promovem um elevado crescimento no consumo dos recursos naturais. As limitações de quantidade de recursos naturais e as mudanças ambientais e climáticas que visivelmente vem ocorrendo, mostram que este quadro é insustentável.

A busca pela manutenção e/ou melhoria na qualidade de vida, deve vir acompanhada de soluções de maior eficiência no uso dos recursos naturais, de menor impacto ambiental e de justiça social, pautados por valores éticos. A sociedade busca um novo modelo de desenvolvimento que responda a estas questões, um novo paradigma definido como desenvolvimento sustentável.

Este novo paradigma também deve fazer parte do setor da construção civil. Portanto, este setor enfrenta atualmente o desafio da busca de novas práticas visando o desenvolvimento sustentável. Estas práticas devem abordar as etapas de projeto, atividade de construção e uso e manutenção da edificação.

Este artigo analisa as influências deste novo paradigma na etapa de projeto de uma edificação. Para isto, faz uma revisão histórica dos conceitos do desenvolvimento sustentável e da sustentabilidade na construção civil. Também analisa as principais estratégias que vem sendo adotadas na busca pela sustentabilidade na construção civil e mostra como a sustentabilidade está sendo percebida e inserida na etapa de projeto de uma edificação. Por fim o artigo propõe conceitos de organização e inserção da sustentabilidade nos processos de projetos de edificações.

## **2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

O termo sustentabilidade domina grande parte do discurso de diferentes setores da sociedade. Muitas vezes o termo é usado para dar força ao antigo desejo filosófico de uma sociedade mais humana.

Acredita-se que a sustentabilidade é alcançada através de um modelo de desenvolvimento que busca o bem estar com o equilíbrio sociocultural, econômico e ambiental. Este modelo deve ser entendido dentro da coerência de uma revisão histórica. E dentro desta revisão histórica o artigo destaca a importância da construção civil dentro do processo.

## **2.1. Histórico**

Historicamente temos vários marcos científicos que contribuíram para percepção de insustentabilidade do atual modelo de desenvolvimento (MEBRATU, 1998; GAUZIN-MULLER, 2002; SZABÓ, 2005; UNITED NATIONS, 2008; UNEP, 2008).

Em 1968, o Clube de Roma, reunião de intelectuais que procuravam fazer projeções para o futuro, publica *The limits of growth* (Os limites do crescimento). O estudo contrapõe o crescimento exponencial da população diante da finitude dos recursos do planeta, e conclui que isto provocaria uma crise sem precedentes na história humana. Em 1972, a ONU realiza a *Conference on the Human Environment* (Conferência sobre o meio ambiente humano) em Estocolmo. Na conferência discutiram-se as responsabilidades dos países ricos, com o consumismo exagerado, e dos países pobres, com a explosão demográfica, na situação ambiental. A declaração da conferência trata do direito das gerações futuras e da atual do usufruto criterioso dos recursos naturais para evitar seu esgotamento.

Na década de 80 é publicado o livro *Ecodevelopment* (Ecodesenvolvimento) de Ignac Sachs. O livro propõe o desenvolvimento baseado em três pilares: eficiência econômica, justiça social e prudência ecológica. Em 1983, a ONU cria a Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento (WCED) e adota formalmente seu conceito de desenvolvimento sustentável. Esta comissão tinha como objetivo propor estratégias de longo prazo para alcançar um desenvolvimento sustentável por volta do ano 2000. Em 1987, o WCED publica um relatório *Our common future* (Nosso futuro comum) também conhecido como relatório *Brundtland*. O relatório conclui que o uso excessivo dos recursos naturais é um processo que vai provocar o colapso dos ecossistemas, e propõe que a busca de soluções seja tarefa comum a toda humanidade. A comissão recomenda a convocação de uma conferência sobre esses temas.

Em 1988 o filósofo Andrew Brennan publica o livro *Thinking about Nature*, no qual propõe que o papel da ecologia é mostrar como o homem deve agir nas comunidades urbanas complexas ao invés de procurar explicações para os problemas ambientais. Segundo o filósofo, temos que perceber o nosso interesse como sociedade, e como eles estão amarrados na situação, para então considerar os princípios contidos na equação ambiental.

Em 22 de dezembro de 1989, a ONU aprova em assembléia extraordinária, uma conferência sobre meio ambiente e desenvolvimento, dando início a Agenda 21.

Em 1992 é realizada a Cúpula da Terra, segunda conferência ambiental realizada pela ONU. Ela acontece no Rio de Janeiro e fica conhecida como Eco'92 ou Rio'92, reunindo 108 chefes de estados. Na conferência é colocado que "a humanidade se encontra em um momento de definição histórica". São discutidos planos de ações para preservar os recursos do planeta e maneiras de eliminar o abismo entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento. As nações desenvolvidas defendiam o direito a um ambiente saudável, enquanto que as em desenvolvimento destacavam a necessidade destas se desenvolverem. Como resultado da Eco'92, tem-se o documento da Agenda 21, com 2500 recomendações de estratégias de conservação do planeta e metas de exploração sustentável dos recursos naturais que não impeçam o desenvolvimento de nenhum país. A Agenda 21 estabeleceu a importância de cada país se comprometer, global e localmente, na reflexão sobre a forma pela qual governos, empresas, organizações não-governamentais e todos os setores da sociedade poderiam cooperar no estudo de soluções para um desenvolvimento sustentável. Cada país desenvolveu a sua Agenda 21, que é um plano de ação para ser adotado por governos e pela sociedade civil, em todas as áreas em que a ação humana impacta o meio ambiente. No Brasil as discussões foram coordenadas pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável (CPDS).

Em 1997, diante da consciência do efeito estufa e do temor de sua conseqüência, o aquecimento global, foi assinado o tratado ambiental mais ambicioso da história, o Protocolo de Kyoto. O protocolo previa que os 35 países industrializados signatários reduzissem em 5% suas emissões de gases em relação ao nível de 1990.

Em 2007 o Painel de Mudanças Climáticas da ONU, IPCC, ganha o Nobel da Paz, devido aos seus estudos. O prêmio foi dividido com o americano com Al Gore, pelo seu papel na divulgação da situação. A partir deste momento, a sustentabilidade entra em nova dimensão de percepção e aceitação pela sociedade.

## **2.2. Conceito**

O surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável veio da percepção do problema do desenvolvimento da nossa civilização. O problema do desenvolvimento possui escala global. Portanto, apesar da busca de ações locais direcionadas a sustentabilidade, devemos sempre ter no horizonte a relação com o processo global.

A ONU adota desde 1983 o conceito formal de desenvolvimento sustentável como “aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades”. As estratégias de busca do desenvolvimento sustentável devem atuar em três dimensões da sustentabilidade: ambiental, sócio-cultural e econômica. O objetivo deve ser o equilíbrio entre as dimensões ambiental, sócio-cultural e econômica, sendo definidas como metas as ações “ambientalmente responsáveis, socialmente justas, economicamente viáveis” - Triple Bottom Line (figura 1).



Figura 1 – Dimensões da Sustentabilidade.

### 3. SUSTENTABILIDADE NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Os ambientes construídos transformam a natureza conforme o desejo e o design do homem desde a antiguidade. A cidade de Jericó, no vale do rio Jordão, apresenta edificações de tijolos que datam de 10.000 a.C. A cidade de Çatal Hüyük, na Turquia, construída 7.000 anos atrás, apresenta edificações ligadas por uma rede “urbana” de passarelas. Na Mesopotâmia, no fim do terceiro milênio a.C., noventa por cento da população vivia em cidades. Hoje, quatro mil anos depois, o mundo se aproxima desta situação: transformamo-nos em espécies eminentemente urbanas. Apesar de termos tecnologia para superar os problemas de saúde, higiene e segurança provindos da construção de ambientes, novos problemas decorrentes da remodelação da natureza apareceram.

Estima-se que as cidades, com suas construções, atividades, serviços e transportes, utilizam mais de 50% das fontes mundiais de energia. E que o setor da indústria da construção civil é responsável pelo consumo de 40% dos recursos naturais, 40% da energia e 40% das emissões poluentes (SJÖSTRÖM, 2000, apud JOHN 2001). As conseqüências deste consumo sobre a natureza são obscuras, e se será possível

evitar os desastres que aconteceram com todas as civilizações construtoras de cidades. O aquecimento global, de grande preocupação atual, é uma destas conseqüências, e o desastre que ele pode causar afetaria toda a humanidade.

### **3.1. Histórico**

A busca pelo desenvolvimento sustentável está cada vez mais presente nos setores da sociedade, como a construção civil. Surge, assim, o conceito de construção sustentável (MEBRATU, 1998; GAUZIN-MULLER, 2002; SZABÓ, 2005; UNITED NATIONS, 2008; UNEP, 2008).

Em 1990 é lançado na Inglaterra o primeiro sistema de avaliação ambiental de construções do mundo, o BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). O sistema certifica a construção com um selo “verde”.

Ainda em 1990, Norman Foster escreve o artigo *Architecture and Sustainability*. No estudo, o arquiteto propõe uma análise crítica do impacto ambiental das construções, discute o papel da arquitetura e engenharia no processo e conclui que antes de buscar as respostas certas devemos fazer as perguntas certas: “Porque ocupar novas áreas, quando podemos recuperar áreas? Porque demolir edifícios que poderiam ser utilizados para novos usos? Porque utilizar intensa iluminação artificial onde podemos aproveitar a luz do dia? Porque utilizar condicionamento de ar onde nós podemos simplesmente abrir uma janela?”

Em 1991 é publicado o livro *The Gaia Atlas of the Cities: New Direction for Sustainable Urban Living* de Herbert Girardet, abordando principalmente tema de saneamento das cidades na busca da sustentabilidade.

Em 1994, John Tillman Lyle lança o livro *Regenerative Design for a Sustainable Development*, propondo novas formas de uso da energia, da água, da terra e das edificações. O autor discute alternativas de regeneração para práticas de consumo, considerando além da teoria e tecnologia, fatores sociais, políticos e econômicos. Para ele a culpa da situação são as estratégias erradas que foram adotadas pelo progresso. No livro são mostrados exemplos importantes de reaproveitamento de materiais.

Em 1996, é realizada na Turquia a conferência da ONU Habitat II. Nela são discutidos os destinos das cidades e propostas para a sustentabilidade nos assentamentos humanos.

Em 1997, Richard Rogers lança o livro *Cities for Small Planet*, onde estuda formas das cidades do futuro recompor a harmonia entre homem e natureza.

Em 1999, o CIB (International Council for Research and Innovation Building and Construction) finaliza a Agenda 21 para construção sustentável.

Ainda em 1999, o USBCG (United States Green Building Council) cria o selo de certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). O programa traz incentivos financeiros e econômicos para o mercado de construções verdes do EUA.

Também em 1999, o Conselho Europeu de Arquitetura produz o livro *Green Vitruvius: Principles and Practices of Sustainable Architectural Design*. Nele é retomada e reforçada a importância das construções considerarem as condições climáticas locais. São expostas estratégias de sustentabilidade para construção, e o papel benéfico da relação vegetação e ambiente construído.

Em 2000, o CIB cria a Agenda Setorial para Construção Sustentável para países em desenvolvimento. É criado um grupo global para cooperação e trocas de pesquisas em construção sustentável. O objetivo da agenda é diminuir a diferença entre países desenvolvidos e em desenvolvimento na melhora do desempenho do ambiente construído.

Em 2001 é finalizado uma obra de referência em construções sustentáveis, o BedZED (Beddington Zero Energy Development), na Inglaterra. É um condomínio de 100 casas e escritórios que consome 10% da energia de uma urbanização convencional.

Em 2002 o CIB o finaliza a Agenda 21 para construção sustentável para países em desenvolvimento.

Ainda em 2002, a França lança seu programa de certificação de construções ambientais, o HQE (Haute Qualité Environnementale). O Japão também lança seu

programa de certificação, o Casbee (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency).

Em 2004, a Austrália finaliza seu sistema de certificação de construções ambientais, o Nabers (National Australian Built Environment Rating System).

Em 2006, o arquiteto Norman Foster projeta a Cidade Carbono Zero ou Masdar City. O projeto é um complexo de edificações residenciais, comerciais, culturais e de serviço, em uma área de 6 milhões de m<sup>2</sup>, sendo construída em Abu Dhabi. Sua finalização está prevista para 2009, e está sendo considerada a primeira cidade sustentável do mundo. A Masdar City não vai ter carro, não vai utilizar energia proveniente do petróleo e vai reaproveitar todos resíduos gerados na própria cidade.

Em 2007 é criado no Brasil o Green Building Council Brasil (GBCBrasil), que tem como objetivo ser referência na avaliação e certificação de construções sustentáveis no Brasil, através da regionalização da ferramenta de avaliação LEED.

Ainda em 2007 é criado o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), cujo objetivo é implementar conceitos e práticas sustentáveis na construção civil. O CBCS não pretende certificar edificações. Também em 2007 foi lançado o selo Ecológico para produtos e tecnologias sustentáveis IDHEA-Falcão Bauer.

Em 2008 é lançado o selo brasileiro de certificação ambiental AQUA (Alta Qualidade Ambiental), baseado na certificação francesa HQE.

### **3.2 Conceito**

A construção civil representa a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente. Por isso tem grande importância nas metas de desenvolvimento sustentável de um país. Além disso, ela promove impactos econômicos e sociais que contribuem no aumento da qualidade de vida. Dessa forma é fundamental entender os parâmetros para uma construção sustentável, suas práticas, teorias e processos de projeto.

De acordo com Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção - CIB a construção sustentável deve partir de um "o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre os ambientes naturais e construídos e criar

estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica” (CIB/UNEP-IETC, 2002).

A construção sustentável é aquela comprometida com o desenvolvimento sustentável. Seus conceitos e práticas são usualmente relacionados a ações e metas previstas nos meios decisórios do desenvolvimento sustentável, devendo ser uma resposta a estas. As Agendas 21, incluindo a definida pela ONU e as por iniciativas nacionais, regionais, locais e setoriais, são o principal meio decisório destas ações e metas. E estas são normalmente entendidas a partir da integração das dimensões ambientais, sociais e econômicas (triple bottom line).

Conceitos e práticas da sustentabilidade no ambiente construído foram relacionados por SILVA (2003) às três dimensões do triple bottom line e também a uma dimensão institucional. A dimensão institucional visa fortalecer os esforços para sustentabilidade, dentro e fora de um setor e também está prevista na Agenda 21. A autora mostra as possibilidades de ações da indústria da construção civil em relação aos capítulos da Agenda 21 brasileira e da Agenda 21 para construção civil do CIB. Estas considerações permitem um entendimento geral dos conceitos atuais de sustentabilidade no ambiente construído.

O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) e Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA), apresentam algumas práticas para sustentabilidade na construção, sendo as principais:

- aproveitamento de condições naturais locais;
- utilizar mínimo de terreno e integrar-se ao ambiente natural;
- implantação e análise do entorno;
- não provocar ou reduzir impactos no entorno – paisagem, temperaturas e concentração de calor, sensação de bem-estar;
- qualidade ambiental interna e externa;
- gestão sustentável da implantação da obra;
- adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários;
- uso de matérias-primas que contribuam com a eco-eficiência do processo;
- redução do consumo energético;
- redução do consumo de água;
- reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos;
- introduzir inovações tecnológicas sempre que possível e viável;
- educação ambiental: conscientização dos envolvidos no processo.

MOTTA e AGUILAR (2008) fizeram uma síntese dos principais conceitos relacionados com a sustentabilidade. Foi observado que a sustentabilidade deve estar presentes em todas as fases do ambiente construído, sendo estas:

- idealização;
- concepção;
- projeto;
- construção;
- uso;
- manutenção;
- final de vida útil.

De acordo com os autores, as principais práticas adotadas são:

- planejamento correto, considerando desde implantação do edifício no local, com as considerações sociais culturais e de impacto ambiental, até a técnica e métodos construtivos que permitam uma melhor qualidade e maior eficiência construtiva;
- conforto ambiental e eficiência energética, promovendo uso do edifício com conforto, térmico, visual acústico e salubridade, com baixo consumo de energia, usando, preferencialmente, as possibilidades de condicionamento passivo nos ambientes;
- eficiência no consumo de água, considerando baixo consumo, aproveitamento de águas de chuvas, reutilização, recuperação e geração de resíduos;
- eficiência construtiva, com materiais, técnicas e gestão que permitam um desempenho ótimo da edificação com durabilidade, e que possuam, quando analisados em toda cadeia produtiva, práticas sustentáveis de extração, produção e reciclagem;
- eficiência em final da vida útil da construção, adotando atitudes de reciclagem, aproveitamento dos resíduos da demolição e de desconstrução, que é um processo de desmanche cuidadoso do edifício de modo a preservar seus componentes para reuso e reciclagem.

#### **4. SUSTENTABILIDADE: PROCESSO DIALÉTICO**

A teoria da mudança histórica (MARX) considera cada momento de progresso, a síntese de duas tendências precedentes e conflitantes. Esta teoria é baseada em um método de pensamento desenvolvido por Hegel, chamado dialética. No método dialético temos como precedentes a tese e a antítese. A tese é uma afirmação ou situação inicialmente dada. A antítese é uma oposição à tese. Do conflito entre tese e antítese surge a síntese, que é uma situação nova que carrega dentro de si elementos resultantes desse embate. A síntese, então, torna-se uma nova tese que contrasta com uma nova antítese gerando uma nova síntese, em um processo contínuo.

O momento histórico da busca pelo desenvolvimento sustentável pode ser interpretado sob a ótica da dialética histórica. O modelo atual de desenvolvimento da nossa civilização, baseado em consumo crescente de energia e recursos naturais e conseqüente aumento da geração de resíduos, apresenta-se como uma tese afirmativa. Esta tese é negada pelo esgotamento dos recursos energéticos e naturais e pela mudança climática (antítese). Do conflito destas duas situações, é necessária a busca de uma síntese que contenham elementos da tese e antítese.

A negação (situação ambiental) da afirmação (consumismo) implica em pararmos o consumo de recursos e energia, e a emissão de poluentes. A transformação através da negação da afirmação é inadequada para solução do problema: nossa sociedade não pode simplesmente parar de consumir. Além disso, as consequências do modelo atual podem ter se tornado irreversível, fato que a ciência denomina de "point of no return" ou ponto de não retorno.

Portanto, é necessário novas ações, uma mudança dialética, onde através da negação da negação, alcancemos uma nova situação, que suprime e contém, ao mesmo tempo, elementos da tese e antítese. A negação da tese e antítese, ou dupla negação, se torna uma proposição positiva superior, uma nova tese. Tese que não é simplesmente a soma das características do consumismo e da situação ambiental, e sim um novo modelo de desenvolvimento da sociedade autodinâmico, que mude o paradigma atual.

A dialética considera ainda, toda a situação como parte de outra. Para entender a síntese do conflito, o todo  $X+Y$ , é necessário compreender o assunto X que faz parte do assunto Y, e o assunto Y. Portanto, a busca pelo entendimento do novo modelo de desenvolvimento sustentável passa pela compreensão do modelo de consumo atual e de nossa situação ambiental.

## **5. SUSTENTABILIDADE: UM SISTEMA ABERTO.**

A busca de teorias de desenvolvimento sustentável trouxe para os diversos setores da sociedade e da economia, conceitos do pensamento ecológico. Um dos principais é o de pensar globalmente e agir localmente (Agenda 21 – ECO92, 1992). Este conceito contribui para o entendimento da sustentabilidade como um processo holístico, que integra vários outros processos que usualmente, não são visto

integrados. Para sustentabilidade é necessário buscarmos resposta para o processo como o todo. Uma abordagem global permite a inter-relação e integração de processos de natureza completamente diferentes.

Para entendimento das implicações de uma abordagem holísticas da nossa sociedade, pode-se utilizar a Teoria Geral de Sistemas de Ludwig Von Bertalanffy. A sociedade é analisada a partir de sistemas que são classificados quanto a sua constituição em sistemas físicos ou sistemas abstratos, e quanto a sua natureza em sistemas abertos e sistemas fechados.

Os sistemas físicos ou concretos são aqueles compostos de equipamento, de maquinaria e de objetos e coisas reais, como os materiais, os edifícios, o ambiente construído.

Os sistemas abstratos ou conceituais são aqueles compostos por conceitos, planos, hipóteses e idéias. A própria sustentabilidade, a gestão e as atribuições de valores como a qualidade e a estética, são exemplos de sistemas abstratos.

Os sistemas físicos e abstratos são complementares: os sistemas físicos precisam de um sistema abstrato para funcionar, e os sistemas abstratos somente se realizam quando aplicados a algum sistema físico.

Os sistemas fechados não apresentam troca com o meio ambiente ou sistema que os circunda, ou seja, não recebem nenhum recurso externo e nada produzem que seja enviado para fora. Portanto, os sistemas fechados não recebem nenhuma influencia do ambiente e não o influencia. Conhecendo e controlando todas as variáveis, os sistemas fechados são previsíveis. Podemos dizer que o único sistema físico fechado seria o universo, todos os demais sistemas físicos apresentam algum tipo de troca com outros sistemas. A matemática é um exemplo de sistema abstrato fechado.

Os sistemas abertos são aqueles que apresentam relações de intercâmbio com o ambiente, por meio de entradas (inputs) e saídas (outputs). Os sistemas abertos trocam matéria e energia regularmente com o meio ambiente ou outros sistemas, adaptando-se constantemente às condições do ambiente. A adaptação constante torna os sistemas abertos não-previsíveis. Os sistemas vivos, sejam indivíduos ou organizações, e os conceitos e as idéias são analisados como sistemas abertos,

mantendo um contínuo intercâmbio de matéria, energia e informação com o ambiente.

O edifício é um sistema abstrato na etapa de projeto, um sistema físico fechado durante sua atividade de construção e um sistema físico aberto durante seu uso. Considerando todo o ciclo de vida de um edifício, ele é um sistema aberto.

Na construção civil os sistemas de gestão, entendem o edifício como resultado de um processo que utiliza um conjunto de dados de entrada e, ao final, deve garantir como dados de saída um grupo de soluções que respondem às necessidades dos clientes internos e externos do produto. As necessidades dos clientes são traduzidas em parâmetros que serão parte integrante dos dados de entrada. A realização do produto também é entendida como uma série de processos internos. As etapas de definição de dados de entrada, realização do produto e o produto, devem ser analisados criticamente, aprimorando as definições do processo. O produto final deve ser verificado em relação aos parâmetros definidos e validados junto aos clientes (figura 2).

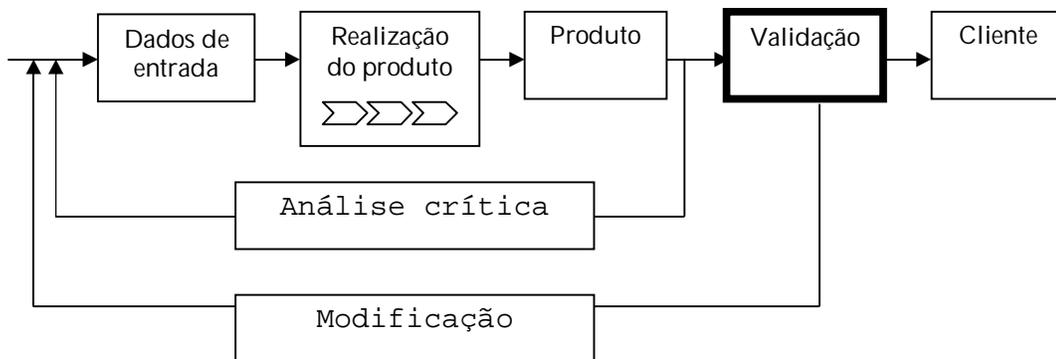


Figura 2: Representação sistêmica da gestão de um produto.

Os sistemas de gestão, independente das atribuições de valores como garantia da qualidade, de qualidade total ou de outros, trabalham a partir de fatos e dados. Os sistemas de gestão de maneira prática buscam transformar o processo e ações produtivas em uma lógica de sistema fechado. O processo é abordado considerando as relações, internas ou externas, diretas e claras ao mesmo, diminuindo a variabilidade do sistema. As entradas e saídas são conhecidas e

controladas, visando tornar o processo previsível como um sistema fechado. A abordagem fechada facilita a redução da complexidade do sistema, mas limita as considerações indiretas e tênues do processo holístico.

Para sustentabilidade, a edificação deve ser entendida como um processo aberto, com contínua e troca de informações e matéria durante todo seu ciclo de vida. As estratégias de sustentabilidade na construção civil são ações locais, pontuais, mas o pensamento da sustentabilidade deve ser global, holístico, considerar seu papel junto com os demais presentes do nosso modelo de desenvolvimento. Na sustentabilidade, todos os processos são sistemas complexos, dinâmicos e abertos.

## 6. SUSTENTABILIDADE: BUSCA INVENTIVA.

A sustentabilidade deve buscar um novo paradigma, caracterizando uma busca inventiva dialética. As estratégias devem procurar uma síntese entre as práticas atuais e as necessidades impostas pelo problema. Podemos sistematizar um processo criativo com base científica com o surgimento de um conhecimento básico, com posterior desenvolvimento de uma tecnologia e geração de um produto através da aplicação da tecnologia criada. A engenharia e a arquitetura são aplicações de tecnologias criadas a partir de um conhecimento básico, ou seja de a partir de um saber científico, para gerar um produto (figura 3).

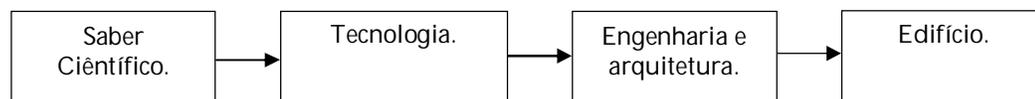


Figura 3: Representação de um processo criativo com base científica.  
(Adaptado de LONGO, 1998).

A prática usual permite a organização e planejamento da aplicação de uma tecnologia para geração de um produto. Podemos resumir esta organização e planejamento como a gestão do processo de produção.

Na construção civil, de modo geral, a evolução de seus processos de produção acontecem a partir da disponibilidade de uma tecnologia e de novas formas de aplicação da tecnologia, caracterizando um processo inovativo-tecnológico. O processo inovativo-tecnológico busca novas práticas nas dimensões tecnológicas e de engenharia-arquitetura. Na sustentabilidade, a maioria das questões trazidas

ainda não possui conhecimento consolidado. Portanto, as respostas a estas questões devem partir de pesquisas de conhecimento básico. Com isso, as estratégias de sustentabilidade vão além de uma busca inovativa-tecnológica, sendo necessária uma busca inventiva. Devemos buscar as estratégias de sustentabilidade na construção civil a partir de pesquisas e conhecimentos científicos (figura 4).

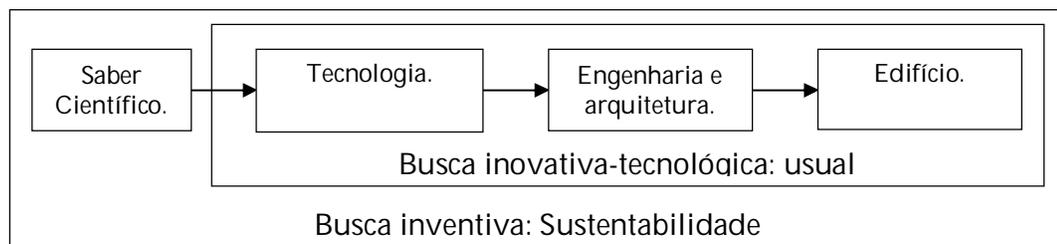


Figura 4: Busca inovativa-tecnológica e busca inventiva.

O foco na busca pela sustentabilidade deve estar na invenção e não na inovação, invertendo a atual evolução dos conhecimentos e meios de produção, que caminham da invenção para a inovação (LAUDARES, 1996).

## 7. SUSTENTABILIDADE COMO ESTRATÉGIA.

Segundo ANDERY, existem três aspectos fundamentais que caracterizam e diferenciam as empresas: sua estratégia, sua estrutura organizacional e seu sistema de gestão.

Quando se busca inserir a sustentabilidade em uma empresa devemos estar atento sobre quais destes aspectos fundamentais, diz respeito a sustentabilidade. Na construção civil, a sustentabilidade está sendo inserida como exigência de uma ferramenta de certificação ambiental ou verde, como o LEED ou o AQUA. As certificações verdes tem papel importante na mudança das práticas da construção civil e estão diretamente relacionadas com aspectos de gestão do empreendimento. Planejar o cumprimento de requisitos de uma ferramenta para certificar um edifício não garante necessariamente a sustentabilidade do mesmo. A condição da

sustentabilidade é de uma busca criativa, inventiva e dialética de novos conhecimentos, em um processo complexo, dinâmico e aberto. Uma frase de Gary Hamel exemplifica a diferença entre apenas planejar e a busca por uma descoberta: “O problema fundamental das empresas atualmente é o fato de não distinguirem entre planejar e "estrategizar". Planejar tem que ver com programar, não com descobrir. Planejar é para tecnocratas, não para sonhadores. Dar aos planejadores a responsabilidade de criar a estratégia é como pedir a um pedreiro que crie a Pietà de Michelangelo” (HAMEL, 1996)

Portanto, a sustentabilidade deve estar relacionada a aspectos de estratégia de um empreendimento, uma busca por descobertas, por um novo paradigma. O planejamento e gestão do empreendimento devem estar coerente com esta estratégia pela sustentabilidade, podendo incluir, mas indo além de comprimento de requisitos impostos e evitando metas delimitadas por aspectos de planejamento.

Outra condição da sustentabilidade é a busca de um novo modelo de desenvolvimento. A atividade de um empreendimento é agente participante do nosso modelo de desenvolvimento. Esta atividade é realizada por sua estrutura organizacional. Na sustentabilidade, toda a estrutura organizacional de um empreendimento deve estar na busca de um novo modelo de desenvolvimento. As atividades da estrutura organizacional devem transcender as atividades diretas do empreendimento. A estrutura organizacional é agente atuante em toda a sociedade. Com isso, o compromisso, a motivação e o desenvolvimento de competência pela sustentabilidade devem estar presente em toda a estrutura organizacional de um empreendimento, transcender as atividade deste na construção de uma sociedade melhor.

A sustentabilidade inserida como busca estratégica de um empreendimento e como compromisso, motivação e competência transcendental de toda sua estrutura organizacional, se apresenta como mudança cultural.

## 8. SUSTENTABILIDADE E QUALIDADE.

Pode-se pensar, a princípio, na sustentabilidade como a extensão da cadeia de valores de um produto, ou seja, incorporada a qualidade do mesmo.

O conceito abrangente de qualidade é definido como qualidade total. Ela aborda a satisfação do cliente interno e externo de um produto, dando ênfase as necessidades destes, da empresa e da sociedade. Além disto, conta com o envolvimento e compromisso de toda a cadeia produtiva: funcionários, diretoria, fornecedores. Ela é orientada pelo cliente e busca uma melhoria contínua do produto e processo. Esta melhoria é essencialmente inovativa, ou seja, busca melhorar uma situação existente.

Dentro da Qualidade Total, se insere o conceito de qualidade de um produto (figura 5).

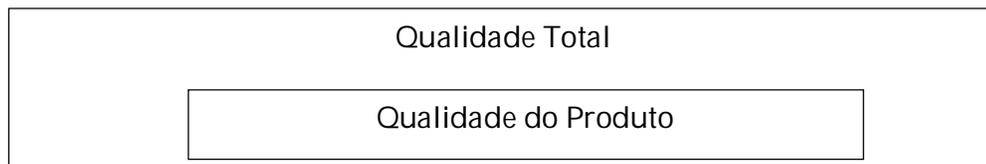


Figura 5 – Qualidade Total X Qualidade do produto

O Conceito de qualidade do produto foi desenvolvido a partir dos campos administrativos e de controle de produção. Nos anos 50 e 60, foram formulados os principais conceitos de qualidade de um produto, sendo:

- Qualidade do produto como máxima utilidade para o consumidor (DEMING, 1950);
- Qualidade como o perfeito contentamento do usuário (FEIGENBAUM, 1951);
- Qualidade como satisfação das necessidades do cliente (JURAN, 1954);
- Qualidade efetiva é a que realmente traz satisfação ao consumidor (ISHIKAWA, 1964).

A busca da qualidade de um produto acontece a partir de cinco enfoques (TOLEDO, 1993; PICCHI, 1993; GARVIN, 1994):

- Enfoque transcendental: a qualidade é subjetiva e abstrata e dificilmente pode ser atingida com precisão. A qualidade é constatada na prática pela experiência.
- Enfoque no produto: qualidade é objetiva, uma variável passível de medição. Quantidade de características positivas do produto indica sua qualidade. O maior custo pode estar relacionado à qualidade devido a maiores características ótimas do produto.
- Enfoque baseado no usuário: qualidade está na percepção do usuário do produto. Quanto maior atendimento aos desejos e necessidades do usuário, maior a qualidade do produto. Apresenta problemas práticos, pois existe grande variedade de preferências dos vários usuários, e de distinguir melhoria de satisfação com qualidade, tornando-se subjetivo.
- Enfoque baseado na fabricação: a qualidade é associada às técnicas de engenharia e fabricação. A qualidade é definida como conformidade com as especificações. Qualquer desvio do projeto definido diminui a qualidade. A qualidade leva a custos menores por prevenir defeitos e diminuir o retrabalho.
- Enfoque baseado no valor: a qualidade é relativizada ao custo do produto. Produto com maior qualidade é aquele com melhor desempenho com preço e custo competitivo. Apresenta dificuldade de relacionar termo de excelência (qualidade) com medidas de mérito (custo).

No setor de construção civil, a incorporação de conceitos de qualidade do produto vem acontecendo a partir de exigências de mercado e/ou regulamentações. A qualidade é vista como requisitos a serem adotados a partir de ações de gestão da empresa. Algumas propostas colocam a sustentabilidade como mais um requisito a ser considerado na qualidade de um empreendimento (Tabela 1 e figura 6).

Qualidade de um empreendimento	
Requisitos de desempenho	Segurança estrutural
	Segurança ao fogo
	Segurança interno-externa
	Estanqueidade
	Conforto higrotérmico
	Conforto acústico
	Conforto tátil
	Adaptação à utilização
	Durabilidade
	Manutenabilidade
	<b>Sustentabilidade.</b>

Tabela 1 – Enfoque da qualidade para os requisitos de desempenho de um empreendimento.

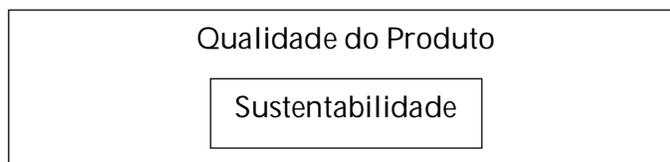


Figura 6 – Sustentabilidade como requisito de qualidade do produto

Incorporar a sustentabilidade como um requisito de desempenho não considera o papel da sustentabilidade como estratégica de um empreendimento.

A Sustentabilidade pode ser inserida nos quesitos de qualidade total (figura 7), desempenhando assim um papel na estratégia do empreendimento. Deve ser ressaltado que a sustentabilidade é um conceito de valor excludente enquanto a qualidade total tem caráter includente. A sustentabilidade, pelas características de invenção dialética de um novo modelo de desenvolvimento, passa necessariamente por uma síntese entre um a tese e antítese que vai incluir e excluir as mesmas. Nela o modelo de desenvolvimento é prioritário sobre o empreendimento. Existem

empreendimentos que são incoerentes com a sustentabilidade e, portanto, excluídos da mesma. A qualidade total tem como meta, gerar valor e satisfazer, da melhor maneira possível, o cliente do empreendimento. Para isto, adequa a atividade do empreendimento à melhor prática possível. A qualidade total pode ser incluída em qualquer empreendimento. A fabricação de cigarros, por exemplo, pode incorporar valores de qualidade total, mas não pode incorporar valores de sustentabilidade

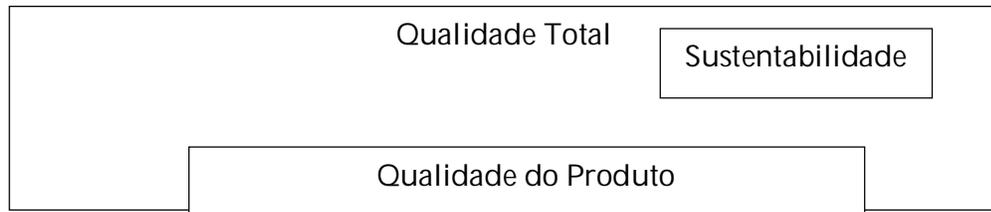


Figura 7 – Sustentabilidade como quesito da Qualidade Total.

A relação entre qualidade e sustentabilidade fica coerente quando a qualidade total é posicionada com um dos requisitos da sustentabilidade (figura 8). Um empreendimento sustentável deve prever em sua estratégia a incorporação de valores de qualidade total. Além disto, a partir do posicionamento da sustentabilidade como estratégia do empreendimento, várias ferramentas de gestão pela qualidade total podem contribuir para a gestão pela sustentabilidade do mesmo.

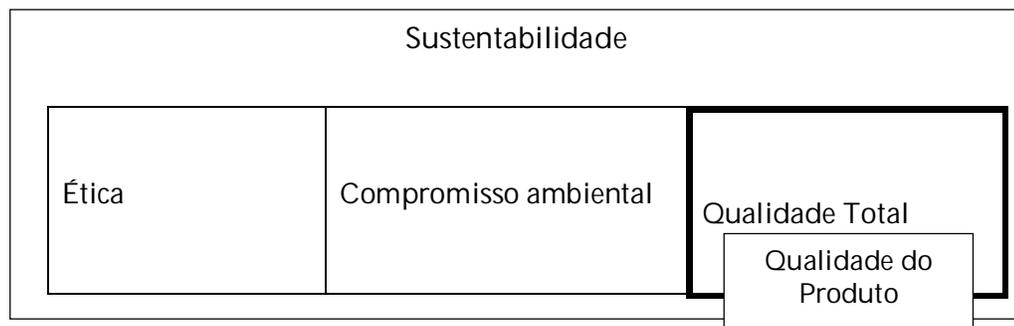


Figura 8 - Requisitos da sustentabilidade.

## 8. INSERÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NOS PROCESSOS DE PROJETO DE EDIFICAÇÕES.

A edificação é um empreendimento cujo ciclo de vida pode ser dividido nas seguintes fases idealização, concepção, projeto, construção, uso, manutenção e final de vida útil.

Dentre essas etapas, a de uso e manutenção da edificação apresenta o maior impacto nas questões abordadas pela sustentabilidade. Essa afirmação é ilustrada nas figuras 9 e 10, que mostram de forma comparativa o uso de energia e os gastos envolvidos durante o ciclo de vida da edificação, respectivamente. Constatase que com o consumo de energia e os gastos com as edificações ocorrem principalmente durante a fase de uso e manutenção.

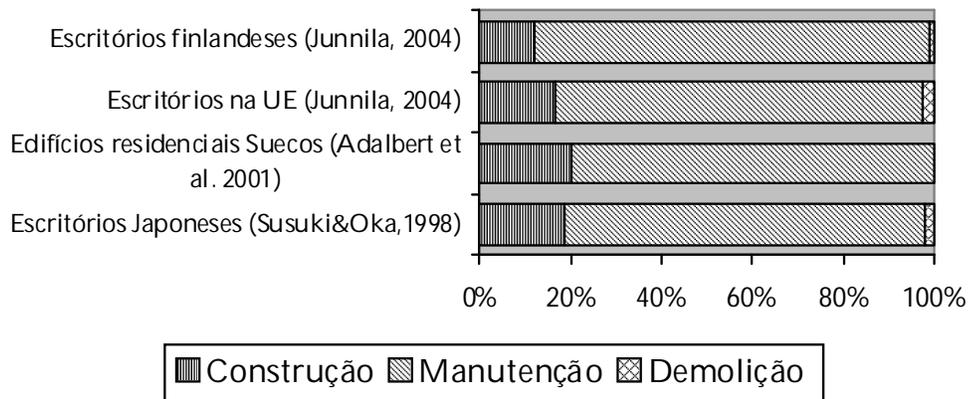


Figura 9 - Consumo de energia no ciclo de vida de edifícios – Building and Climate Change, VTT, UNEP. (TAIPALE, 2007)

Apesar dos maiores impactos ocorrerem nas fases de operação e manutenção, a maior possibilidade de intervenção no desempenho durante essas fases ocorre nas etapas de idealização, concepção e projeto. Portanto, ao se priorizar a implantação de estratégias de sustentabilidade nas fases de idealização, concepção e projeto de uma edificação, ter-se-á potencialmente uma edificação com melhor desempenho e o com menor custo para implantação de estratégias sustentáveis (figura 12).

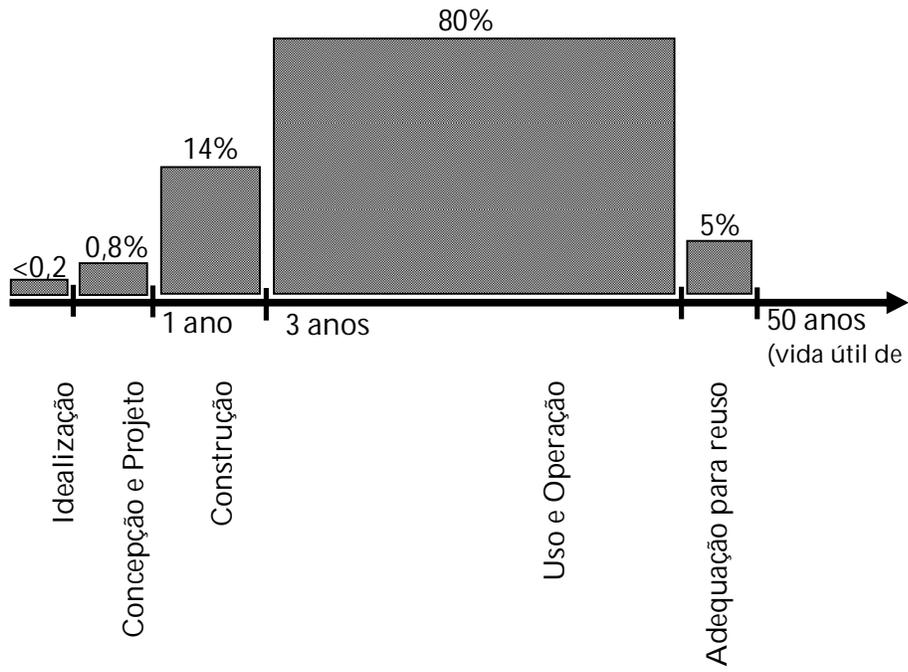


Figura 10 – Custo total de um edifício comercial em 50 anos (CEOTTO, 2007)

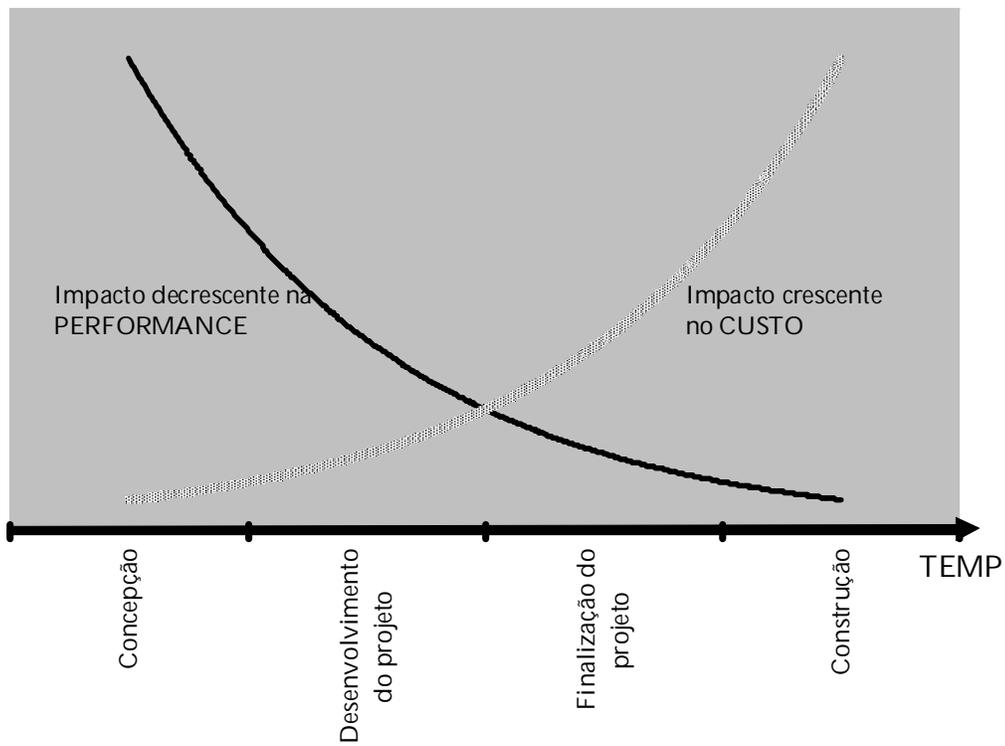


Figura 12 – Influência de modificações nas fases de concepção, projeto e construção no desempenho e custo de um empreendimento

(Adaptado de CRAVEN, 2006).

Devido a importância das fases de idealização, concepção e projeto, a inserção de estratégias para a busca de sustentabilidade na edificação nessas etapas deve ser prioritária. O edifício deve ser idealizado de modo coerente com os conceitos de sustentabilidade. A partir de sua idealização, a concepção do edifício deve ser uma busca criativa e inventiva de práticas de sustentabilidade.

O projeto de uma edificação pode ser entendido como um conjunto de processos que transformam requisitos de concepção em características específicas ou na especificação do edifício (ABNT, 1995).

Pode-se considerar que, dentro de um processo de produção, as relações sequenciais e condicionantes possuem uma inserção vertical e que as relações paralelas e com interações possuem uma inserção horizontal. No processo de produção de um edifício, as relações que vão da idealização à realização dos projetos, passando pela concepção, ocorrem de forma vertical, enquanto as relações entre os diversos projetos ocorrem de maneira horizontal (figura 13).

Na construção civil, a sustentabilidade, comumente, vem sendo percebida através de uma certificação verde da edificação, como as fornecidas pelo LEED ou AQUA. Os requisitos dessas certificações são inseridos simultaneamente, e interagem com os demais requisitos de projeto do edifício. Ou seja, a sustentabilidade, vista como certificação, é posicionada de forma horizontal no processo. Dessa forma, a sustentabilidade fica relacionada a aspectos de planejamento do processo, não atuando junto à idealização e concepção do edifício (figura 14)

A inserção da sustentabilidade através de uma certificação verde condiciona as respostas para sustentabilidade do empreendimento aos requisitos previstos nesta. Esta situação não considera a necessidade criativa e inventiva da sustentabilidade. Além disto, os requisitos de uma certificação verde são ligados ao processo de definição e elaboração dos projetos, se resumindo a uma discussão entre os agentes atuantes nos mesmos. Nessa concepção a certificação tem fraca contribuição e atuação para uma mudança cultural da estrutura organizacional do empreendimento como um todo (tabela 2)

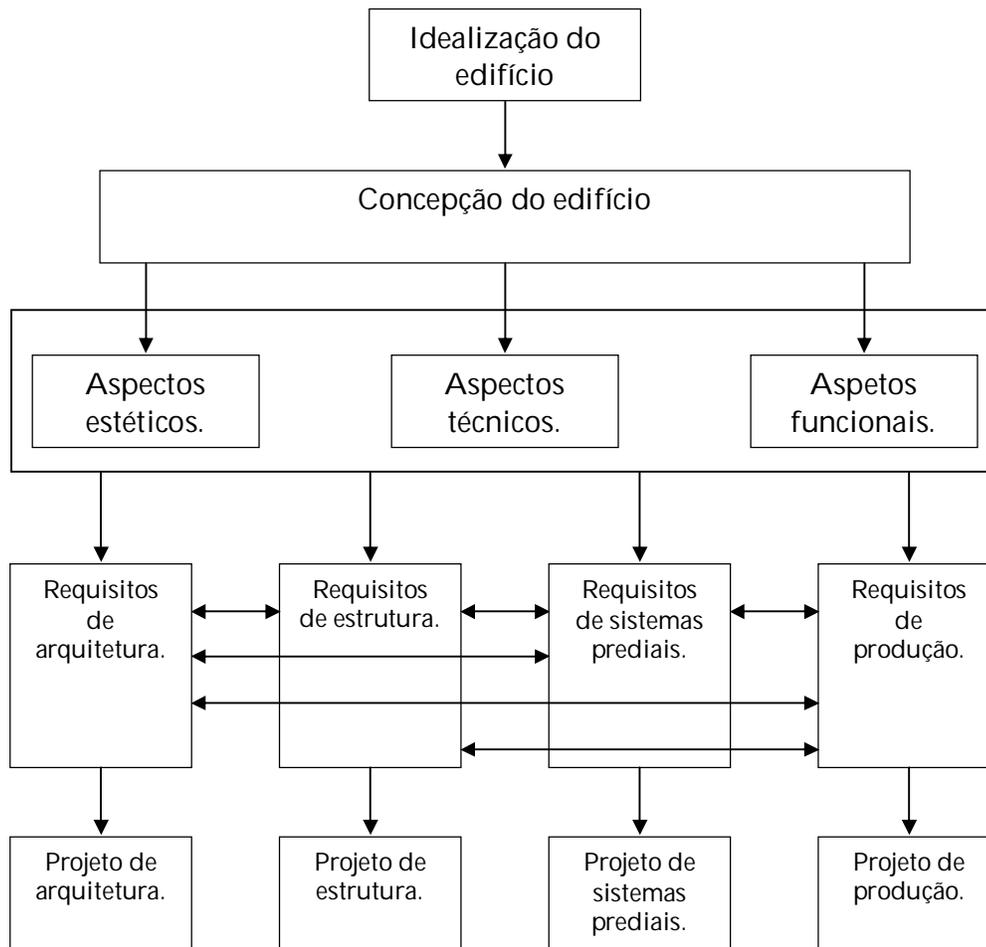


Figura 13 – Relações no processo de produção de um edifício.

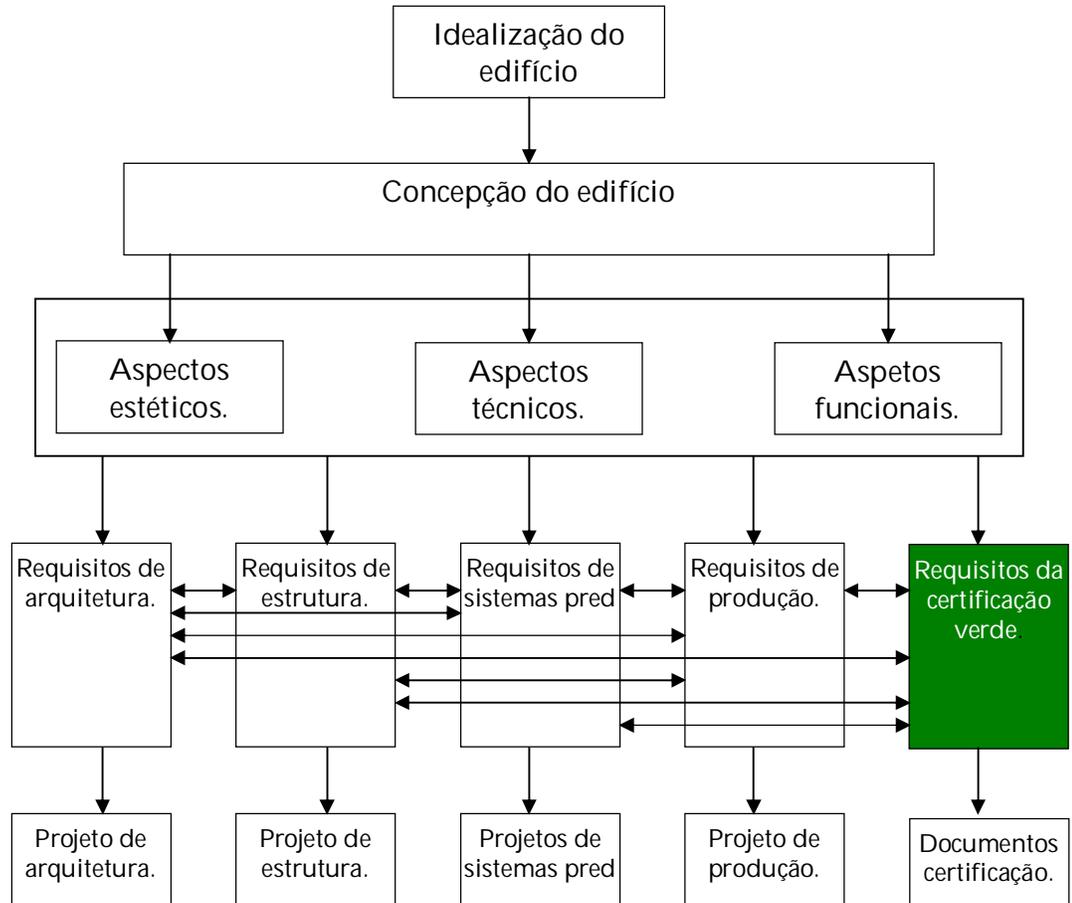


Figura 14 – Inserção horizontal da sustentabilidade.

Fase do empreendimento	Estrutura pessoal envolvida	Possibilidade de influência cultural dos conceitos previstos nas certificações verdes
Idealização	Proprietário/Empreendedor	Fraca
Concepção	Estrutura administrativa.	
	Projetistas	Forte
Projetos	Estrutura técnica.	

Tabela 2 – Influência das certificações verde na estrutura pessoal

Para a melhor interação entre os requisitos da certificação verde e os demais requisitos é importante a otimização da comunicação entre os processos de projetos. Ferramentas como sistemas de informação formais contribuem para considerar as interações dos diversos requisitos no projeto. Esses sistemas de informações formais devem incluir procedimentos pré-definidos, entradas e saídas padronizadas e definições fixas (SOUZA e MELHADO, 2008).

No processo de projeto, a adoção de conceitos de engenharia simultânea contribui para um melhor resultado do projeto, considerando as interações entre os requisitos. Uma proposta de adoção de métodos e ferramentas de engenharia simultânea em processos de projetos de edificação, definido como projeto simultâneo, foi feita por FABRÍCIO e MELHADO (2001). Segundo os autores o projeto simultâneo deve dar ênfase à gestão do processo de projeto, e deve buscar a cooperação e paralelismo entre os diversos agentes atuantes nos requisitos do projeto. Além disso, o projeto simultâneo é um modelo de gestão que busca a convergência dos interesses dos diversos agentes participantes do ciclo de vida do empreendimento, considerando precoce e globalmente as repercussões das decisões de projeto na eficiência dos sistemas de produção e na qualidade dos produtos gerados. Uma vez posicionada a certificação verde como parte do processo de projeto, a gestão do mesmo através de conceitos de projeto simultâneo contribuirá para o resultado da certificação.

No caso do projeto simultâneo, devem-se buscar ferramentas de execução de projetos que facilitem a execução coordenada e paralela dos mesmos. Ambientes colaborativos e sistemas BIM (Modelagem de Informação para Construção) se apresentam como soluções adequadas para este cenário. Os ambientes colaborativos permitem que diferentes agentes do processo de projeto participem, colaborem e cooperem, buscando um resultado que represente o objetivo comum do projeto (BOLLMANN et al., 2005). Para a criação do ambiente colaborativo estão sendo desenvolvidos sistemas computacionais que permitem que os agentes envolvidos no processo trabalhem em conjunto, mesmo estando em localidades diversas. Os sistemas computacionais colaborativos apoiados na internet e voltados para a gestão do processo de projeto são denominados de extranet de projetos (COELHO, 2008). Os ambientes colaborativos permitem o compartilhamento das

habilidades dos agentes do processo, facilitando o encontro do melhor resultado para atendimento dos requisitos do empreendimento, incluindo os requisitos da certificação verde.

O sistema BIM (Building Information Modeling) é baseado em ferramentas que permitem a modelagem do edifício em três dimensões físicas aliadas a outras dimensões ou informações relativas ao edifício como custo e prazos. Para a modelagem da edificação, o sistema BIM utiliza softwares que possuem modelos paramétricos dos elementos construtivos do edifício. Esses modelos paramétricos são representações geométricas tridimensionais dos elementos aliadas á informações de diferentes atributos, como dimensões, processos construtivos e custos. Estes atributos podem ser definidos como fixos ou modificáveis, e serem relacionados e condicionados a outros elementos da edificação. Ao ser relacionar os elementos construtivos, o conflito entre os mesmo é minimizado. Os agentes do processo de projeto podem alterar os elementos paramétricos visualizando o resultado da intervenção no projeto como um todo. Isto permite uma melhor visualização dos conflitos e uma busca mais ágil para a solução pretendida. O sistema BIM pode contribuir para a obtenção de uma certificação verde na medida em que se pode inserir no sistema BIM o desempenho energético do edifício como uma das dimensões que, então, passa a interagir no processo de projeto.

No entanto a sustentabilidade deve ir além da inserção horizontal no processo. Ela deve ser parte da estratégia do empreendimento, precedendo a idealização e concepção do edifício. A sustentabilidade deve ser inserida verticalmente ao processo, de modo que seus conceitos estejam presentes em todas as fases do processo (figura 15). Os conceitos de sustentabilidade devem buscar sempre soluções criativas e inventivas, baseadas em uma visão de sistema aberto do empreendimento.

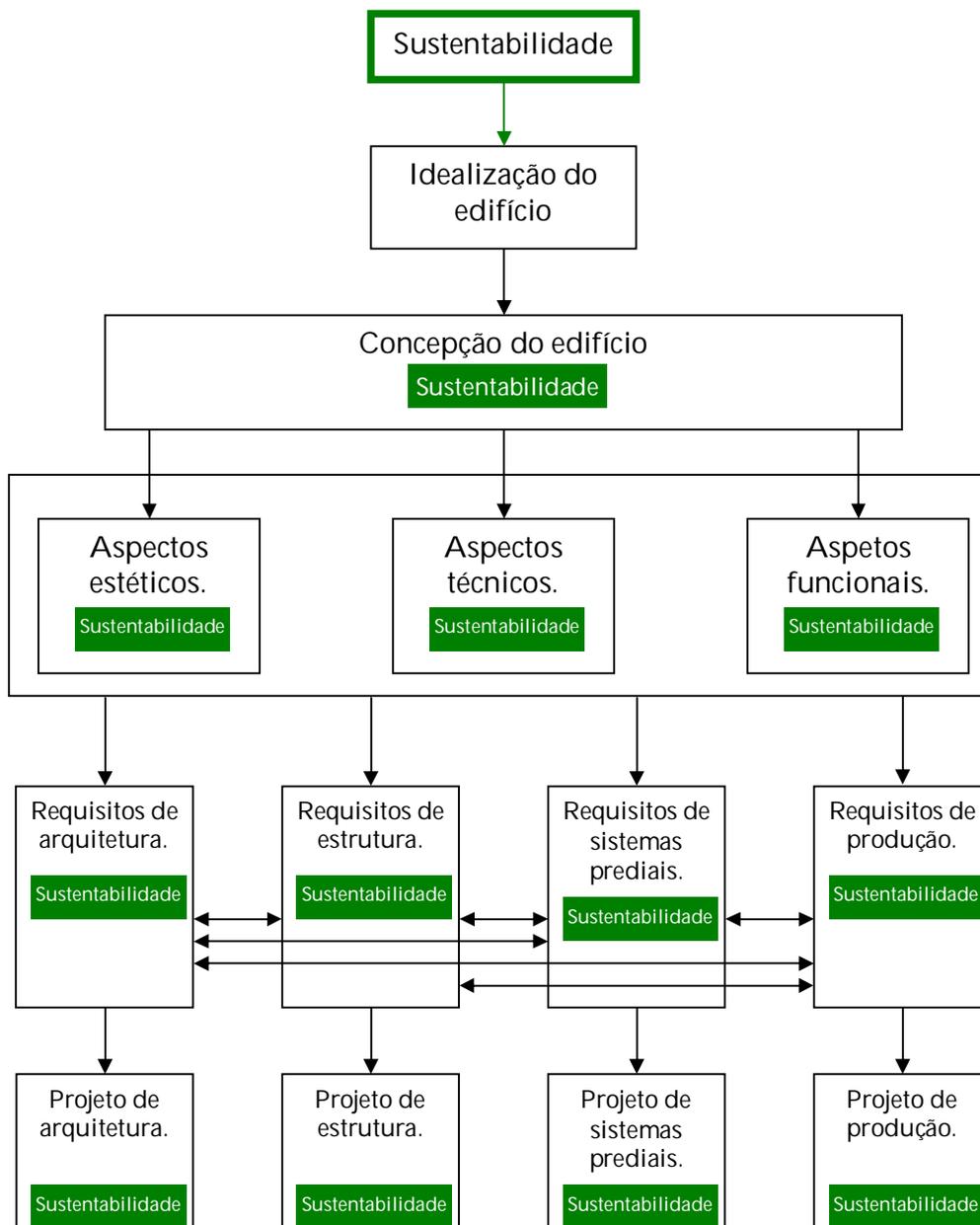


Figura 15 – Inserção vertical da sustentabilidade.

Para promoção da busca criativa e inventiva desde a idealização do projeto, é importante o contato da estrutura organizacional do mesmo com as entidades promotora de pesquisas e conhecimento. Estas entidades contribuem e inserem no processo dados externos ao mesmo, indo de encontro às características de sistema aberto da sustentabilidade. As universidades são os principais meios de pesquisas e promoção de conhecimento. Ações práticas de aproximação de empresas e

universidades são importantes para o sucesso dos resultados criativos para a sustentabilidade. Uma ação de grande potencial é a criação de centro de pesquisas em edificações, com participação de pesquisadores acadêmicos e empresas do setor de construção civil, onde poderão ser criadas novas idéias e desenvolvidas novas tecnologias. Estes centros poderiam inserir no processo de projeto dados criativos e inventivos assim como dados de empreendimentos, considerando o benchmarking. O projeto passaria a considerar os dados internos do processo e dados externos a estes, ou seja, passa a ter características de um sistema aberto (figura 16). O BRE, Building Research Establishment Limited, é uma resultado de uma iniciativa inglesa de criar um centro especializado em consultoria, testes e certificação baseada em pesquisas acadêmicas, atuando em edificações, construção, energia, meio-ambiente e segurança.

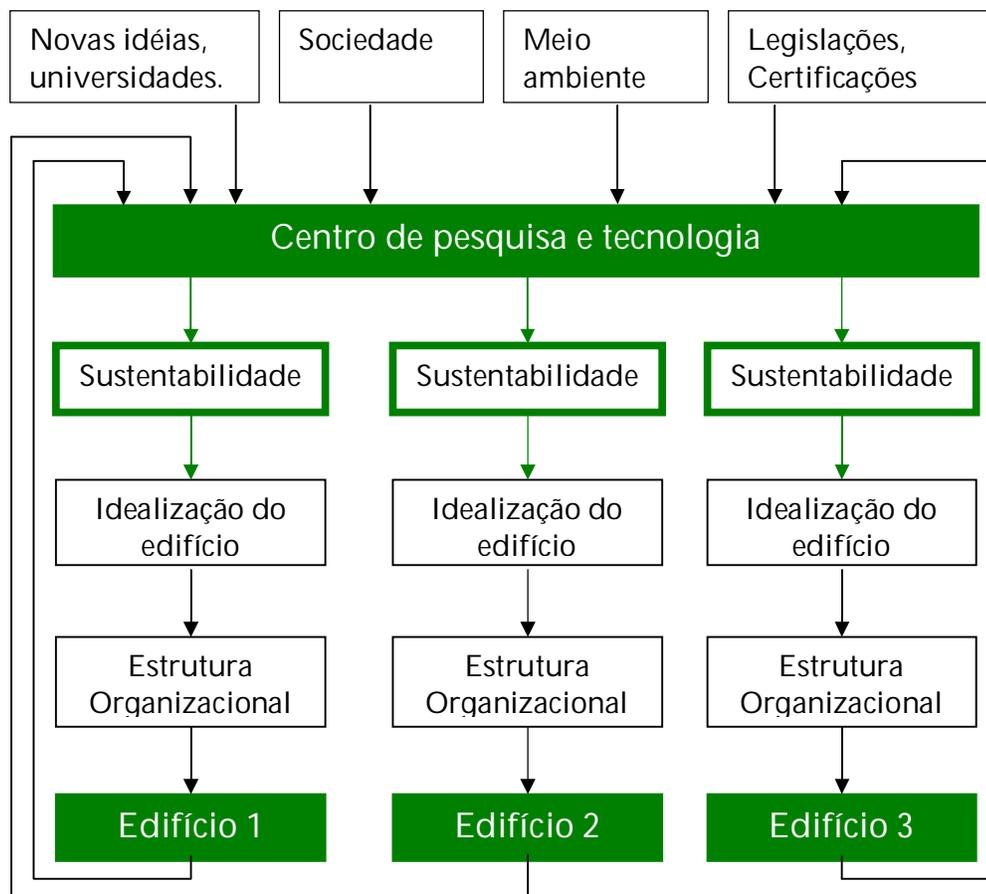


Figura 16 – Modelo de centro de pesquisa em sustentabilidade

Na idealização do empreendimento devem ser previstas interações multidisciplinares. A multidisciplinaridade permite considerações complexas necessárias e a inserção eventuais de dados externos ao processo. Para uma melhor interação é importante a comunicação entre os diversos agentes multidisciplinares e o desenvolvimento e promoção de múltiplas habilidades na estrutura organizacional do processo do projeto. A capacitação, das pessoas envolvidas, em conceitos e tecnologias disponíveis, aliado ao conhecimento, por todos os envolvidos, de todo o processo do projeto, permite que a estrutura organizacional tenha habilidade múltipla para inserir a sustentabilidade em todo empreendimento. Uma ação nesse sentido pode ser a promoção de cursos de capacitação e reuniões de intercâmbio de habilidades.

Nas definições dos requisitos e de soluções dos projetos também devem ser previstas interações durante o processo. Do mesmo modo que na inserção horizontal da sustentabilidade através de sistemas de certificação, ferramentas de gestão são importantes para esta interação. Sistemas de informação formais, conceitos de projeto simultâneo, ambientes colaborativos e sistemas BIM são importantes para o processo. Os sistemas BIM destacam-se na possibilidade de compreensão do empreendimento em todo seu ciclo de vida. Uma vez que os sistemas BIM permitem a considerar várias dimensões do empreendimento simultaneamente, ele introduz coordenadamente no processo de projeto considerações de desempenho energético, de conforto, de desempenho econômico entre outros.

Nas soluções de projeto devemos considerar o processo dialético para seleção das possibilidades. Uma ferramenta proposta por CEOTTO pode ser adaptada para tais considerações (tabela 3). Nela a análise e prioridade de ações práticas é feita através da síntese na busca de alto impacto positivo no meio-ambiente e baixo impacto nos custos.

Alternativas de solução e seus impactos – Edifícios Residenciais				
		Impacto nos custos		
		Alto	Médio	Baixo
Impacto positivo no meio ambiente	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamento total de esgoto</li> <li>• Energia solar aquecimento de água</li> <li>• Reciclagem água de banho e lavatório, uso em bacias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metais sanitários de baixo consumo</li> <li>• Medição individual de gás</li> <li>• Medição individual água</li> <li>• Tratamento superficial no piso das garagens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retenção de água de chuva</li> <li>• Reserva e distribuição de água de chuva</li> <li>• Lâmpadas de alta eficiência.</li> <li>• Peças sanitárias de baixa vazão sanitárias</li> <li>• Separação lixo reciclagem</li> </ul>
	Médio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vidro laminado e tratamento das esquadrias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatização da irrigação de áreas verdes</li> <li>• Automação da iluminação nas áreas comuns</li> <li>• Motores elevadores de frequência variável</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachadas de cores claras</li> <li>• Cobertura vegetal térreo</li> <li>• Isolamento térmico de coberturas</li> </ul>
	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isolamento térmico de fachadas</li> <li>• Isolamento acústico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automação de elevadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de madeira reciclada nos móveis e revestimentos</li> <li>• Revestimentos de piso e paredes facilmente laváveis</li> </ul>

Tabela 3 – Ferramenta de análise e prioridade de ações práticas (CEOTTO, 2008)

Ferramentas de produção enxuta podem ser utilizadas nesta fase desde que inseridas dentro da cultura de sustentabilidade. Na produção enxuta o princípio fundamental é produzir mais com menos recurso. Na sustentabilidade existe a preocupação de menor consumo dos recursos, levando a considerações de produção enxuta, porém a questão fundamental da sustentabilidade é produzir mais com o melhor recurso. A sustentabilidade inserida horizontalmente, ou seja, como mais um requisito da produção enxuta, fica restrita internamente do processo, com considerações limitadas ao uso do menor recurso. Uma maneira de inserir a sustentabilidade verticalmente a produção enxuta é a seleção prévia através de ferramentas de análise do ciclo de vida e custo do ciclo de vida. A análise do ciclo de vida, ou ACV, deve ter uma abrangência direta e indireta dos impactos ambientais do produto. O custo de ciclo de vida deve considerar custos diretos e indiretos no ciclo de vida do produto.

Estando presente em todas as fases do empreendimento, a sustentabilidade tem forte capacidade de atuação na mudança cultural de toda a estrutura organizacional do empreendimento (tabela 4).

Fase do empreendimento	Estrutura pessoal envolvida	Possibilidade de influência cultural da inserção vertical da sustentabilidade.
Idealização	Proprietário/Empreendedor	Forte
Concepção	Estrutura administrativa.	
	Projetistas	Forte
Projetos	Estrutura técnica.	

Tabela 4 – Influência da inserção vertical da sustentabilidade na estrutura pessoal

## 9. CONCLUSÕES.

A sustentabilidade é uma mudança cultural em que o novo paradigma é um novo modelo de desenvolvimento. Ela tem como características ser um sistema aberto e complexo. A busca por soluções para sustentabilidade devem acontecer de forma inventiva, criativa e dialética.

No processo de projetos de edificações, a sustentabilidade é atualmente associada a uma certificação ambiental da edificação. Na certificação, os requisitos são inseridos horizontalmente e paralelos aos demais requisitos de projeto. Esta situação apresenta baixa possibilidade de soluções inventivas e criativas e mostra tendência de visão do processo como sistema fechado. Ferramentas de gestão como sistemas formais de informação, projeto enxuto, ambientes colaborativos e sistema BIM, contribuem para interação dos requisitos da certificação com os demais requisitos considerados e, conseqüentemente, propicia melhores resultados. A certificação possui maior influência na mudança cultural das pessoas envolvidas no processo de atendimentos de seus requisitos.

Na sustentabilidade devemos inserir conceitos verticalmente ao processo de modo a garantir que a mesma esteja presente em todo o processo. A sustentabilidade deve estar presente desde a fase de idealização da edificação. Para inserimos a sustentabilidade na fase de idealização é sugerida a criação de centros de pesquisa

e tecnologia que fomentariam soluções inventivas e criativas, baseadas em assuntos multidisciplinares de diversos setores, com considerações ambientais, sociais e econômicas. Os centros de pesquisa organizariam os resultados obtidos, identificando as melhores práticas (benchmarking) e apoiariam os sistemas de legislação e certificação. Os centros atuariam em parceria com os empreendimentos, dando suporte a todas as fases do processo. Esta situação é coerente com a sustentabilidade como sistema aberto e busca inventiva.

Uma vez inserida verticalmente no empreendimento, a sustentabilidade está presente intrinsecamente nos requisitos de projetos. Ferramentas de gestão como sistemas de informação formais, projetos simultâneos, ambientes colaborativos, sistemas BIM, e ferramentas de seleção dialéticas são importantes para obtenção dos melhores resultados.

A sustentabilidade presente verticalmente em todo processo terá grande influência de mudança cultural de toda estrutura organizacional de um empreendimento, transcendendo as atividades do mesmo, e, por consequência, do setor de construção civil e da busca de um novo modelo de desenvolvimento.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERY, P. R. P.; VIEIRA, M. P. C. **Dificuldades e Estratégias para Sustentação dos Programas de Garantia da Qualidade na Construção Civil Brasileira.** In: Simpósio IberoAmericano sobre Calidad y Competitividad en las Construcciones, 2002, Ciudad de Villa Clara, Cuba.

**AGENDA 21 brasileira: ações prioritárias. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional.** 2. ed. Brasília : Ministério do Meio Ambiente, 2004. 158 p.

**AGENDA 21 for Sustainable Construction in Developing Countries.** Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), CIB Report Publication 237, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13531:**

**Elaboração de projetos de edificações – atividades técnicas.** Rio de Janeiro, 1995.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas.** Petrópolis: Vozes, 1977.

BOLLMANN, C.; SCHEER, S.; STUMM, S. B. **Engenharia colaborativa: uma visão para a engenharia simultânea e o uso de ambientes colaborativos para arquitetura e engenharia civil.** In: Seminário de Tecnologia da Informação e Comunicação. São Paulo, 2005.

CEOTTO, L. H. **Avaliação de sustentabilidade: balanço e perspectivas no Brasil.** In: I Simpósio Brasileiro de Construção Sustentável – SBCS 08, São Paulo, 2008.

COELHO, S. B.; NOVAES, C. C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil.** In: VIII Workshop Brasileiro - Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. São Paulo, 2008.

CRAVEN, D. **Sustainable building: A victorian government perspective.** In Gaia Conference, 2006.

FABRICIO, M. M. **Qualidade na construção e gestão da qualidade no processo de projetos de edifícios.** São Carlos, 2004.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. **Projeto Simultâneo e a Qualidade na Construção de Edifícios.** In: Seminário Internacional de Arquitetura e Urbanismo - NUTAU, 1998, São Paulo, SP. Tecnologias para o Século XXI, 1998.

FERNÁNDEZ-ARMESTO, F. **Idéias que mudaram o mundo.** São Paulo: Editora Arx, 2004.

FERREIRA, O. C. **Entropia, economia e desenvolvimento social.** Curso de Ciências e Técnicas Nucleares-UFMG, 2008.

FOULQUIÉ, P. **Dialética.** 3ª ed. (trad. Luis A. Caeiro). Lisboa: Publicações Europa-América, 1978.

HAMEL, G. **Strategy as revolution.** Harvard Business Review, 1996.

HARVEY, D. **Condição Pós-Moderna: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural.** 6 ed. São Paulo: Loyola, 1996.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION – CIB United Nations Environment Programme International Environmental Technology Centre UNEP-IETC **AGENDA 21 on Sustainable Construction.** CIB Report Publication 237, Rotterdam: CIB, Jul.1999.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION – CIB United Nations Environment Programme International Environmental Technology Centre UNEP-IETC **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries: A discussion document** Boutek Report No Bou/E0204, Pretória, CIB/UNEP-IETC. 2002.

JOHN, V. M.; SILVA, V. G.; AGOPYAN, V. Agenda 21: uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro. **II Encontro nacional e I Encontro Latino americano sobre edificações e comunidades sustentáveis.** ANTAC/UFRGS, Canela-RS, p. 91-98, 2001.

LAUDARES, J. B. **A reengenharia do ensino de Engenharia.** Educação e Tecnologia, Belo Horizonte, MG, v. 1, n. 1, 1996.

LOUREIRO, C. F. B.; VIEGAS, A. **Complexidade e dialética: por uma busca de novos elementos na tradição crítica diante dos desafios da educação ambiental.** Ambiente & Educação (FURG), v. 12, p. 11-32, 2008.

MELHADO, S. B. **O plano da qualidade dos empreendimentos e a engenharia simultânea na construção de edifícios.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 1Rio de Janeiro, 1999

METHA, P. K. **A Concrete Technology for Sustainable Development: An Overview of Essential Principles.** CANMET/ACI International Symposium on Concrete Technology for Sustainable Development, Vancouver, 1999.

Motta, S.R.F.; AGUILAR, M. T. P. **The Dialectic Creative Process for a Sustainable in the Constructed Environment.** In: 2008 World Sustainable Building Conference - SB08, 2008, Melbourne. Proceedings of the 2008 World Sustainable Building Conference - SB08, 2008. v. 2. p. 2640-2643.

**Para a Construção Sustentável da Agenda 21.** In: Tradução do Relatório CIB -

Publicação 237. Novembro, 2000. p. 17.

PIRRÓ E LONGO, W. **"Reengenharia" do ensino de Engenharia : uma necessidade.** Disponível em <http://www.engenheiro2001.org.br /programas/971207a.doc>, 1998.

RIFKIN, J. **Entropia: Uma Nova Visão do Mundo** - Universidade do Algarve, Faro, 1987.

SPROVIERO, M. B. **Entropia: Progresso para a Destruição** - Entrevista: Jean Lauand, 2001 - Acesso em 17/10/2007.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

SOUZA, F.R.; MELHADO, S.B. **A importância do sistema de informação para a gestão das empresas de projeto.** *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 3, p. 121-199, 2008.

SZABO L. **A arquitetura no caminho da sustentabilidade.** Iniciativa Solvin, São Paulo, 2005.

TAIPALE, K. **Construção, Ambiente Artificial e Desenvolvimento Sustentável** In: Ecolatina – Belo Horizonte, 2007.