

# ACADEMIA

Accelerating the world's research.

## MONOGRAFIA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

wellington dos santos carrilho, Kelly Porto

### Related papers

[Download a PDF Pack](#) of the best related papers 



[Coleta e Reciclagem de Resíduos da Construção Civil \(1\)](#)

Robson Ribeiro

[Teorias e Praticas em construções sustentáveis no Brasil](#)

Thales Thaynan

[Entre o Discurso e a Prática: o mi\(n\)to da arquitetura sustentável](#)

Stella de Oliveira Cândido

**CECC**

**UFMG**  
Escola de Engenharia  
Departamento de Engenharia de Materiais e Construção  
Curso de Especialização em Construção Civil



**MONOGRAFIA**

**SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Autor: Lásaro Roberto Corrêa**

**Orientador: Prof. José Claudio Nogueira Vieira**

Janeiro/2009

**AUTOR: Lásaro Roberto Corrêa**

# **“SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL”**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil  
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Gestão e Tecnologia na Construção Civil  
Orientador: Prof. José Cláudio Nogueira Vieira

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2009

A minha esposa (minha eterna namorada) e filhas pelo apoio, carinho, dedicação e paciência.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu pudesse realizar mais uma etapa de minha carreira profissional.

Em especial agradeço a minha esposa e filhas que pacientemente compreenderam minha ausência e o carinho que me foi dedicado apesar de eu passar horas em frente ao computador e envolto com trabalhos, os quais me tomavam grande parte do tempo, e desta forma eu não podia atendê-las conforme mereciam.

Aos professores e a todos; o meu MUITO OBRIGADO e que Deus esteja sempre presente em nossos pensamentos e atitudes para que possamos propiciar um amanhã cada vez melhor.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	10
2	OBJETIVO .....	11
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	12
	3.1 <i>Histórico</i> .....	12
	3.1.1 <i>Paradigma Anterior</i> .....	12
	3.1.2 <i>Novo Paradigma</i> .....	13
	3.2 <i>Sustentabilidade na Construção Civil</i> .....	14
	3.2.1 <i>Sustentabilidade</i> .....	14
	3.2.2 <i>Relatório Brundtland</i> .....	16
	3.2.3 <i>Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – Eco 92</i> .....	17
	3.2.3.1 <i>Convenção da Biodiversidade</i> .....	18
	3.2.4 <i>Agenda 21</i> .....	19
	3.2.4.1 <i>Conferindo a Agenda 21</i> .....	20
	3.3 <i>Construção Sustentável e Princípios Básicos</i> .....	21
	3.4 <i>Enfoque Ético Social</i> .....	23
	3.5 <i>Construção Sustentável nas Cidades</i> .....	24
4	DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO .....	26
	4.1 <i>Objetivos do Trabalho</i> .....	27
	4.2 <i>Metodologia</i> .....	27
	4.3 <i>Sustentabilidade na Construção Civil</i> .....	28
	4.3.1 <i>Pré Condições de Empreendimentos Sustentáveis</i> .....	29
	4.3.2 <i>Política Urbana Sustentável</i> .....	30
	4.3.3 <i>Práticas Urbanísticas Sustentáveis</i> .....	31
	4.3.4 <i>Parâmetros para uma Edificação Sustentável</i> .....	33
	4.3.4.1 <i>Redução de Desperdício</i> .....	33
	4.3.4.2 <i>Conservação e Reabilitação de Edifícios Antigos</i> .....	33
	4.3.4.3 <i>Reciclagem</i> .....	34
	4.3.4.4 <i>A reutilização de Materiais na Construção Civil</i> .....	36
	4.3.4.4.1 <i>Introdução</i> .....	36
	4.3.4.4.2 <i>O tratamento de Entulho no Brasil Atualmente</i> .....	37

4.3.4.4.3	<i>Resultados do Reaproveitamento.....</i>	38
4.3.4.4.3.1	<i>Ambientais.....</i>	38
4.3.4.4.3.2	<i>Econômicos.....</i>	38
4.3.4.4.3.3	<i>Sociais.....</i>	39
4.3.4.4.4	<i>Metodologia.....</i>	39
4.3.4.4.4.1	<i>Reduzir.....</i>	40
4.3.4.4.4.2	<i>Reutilizar.....</i>	40
4.3.4.4.4.3	<i>Reciclar.....</i>	41
4.3.5	<i>Quesitos Aplicáveis para Obras Sustentáveis .....</i>	43
4.3.5.1	<i>Fase da Concepção .....</i>	43
4.3.5.1.1	<i>Harmonização com o Entorno .....</i>	44
4.3.5.1.2	<i>Compromisso com Grupos de Interesses .....</i>	45
4.3.5.1.3	<i>Principais Ações a Serem Realizadas .....</i>	46
4.3.5.2	<i>Gestão de Água e Efluentes .....</i>	47
4.3.5.2.1	<i>Conceber Plano de Uso Racional da Água .....</i>	48
4.3.5.3	<i>Gestão de Energia e Emissões .....</i>	48
4.3.5.3.1	<i>Variáveis Humanas .....</i>	49
4.3.5.3.2	<i>Variáveis Climáticas .....</i>	49
4.3.5.3.3	<i>Variáveis Arquitetônicas .....</i>	50
4.3.5.4	<i>Gestão de Materiais e Resíduos Sólidos .....</i>	50
4.3.5.5	<i>Qualidade do Ambiente Interno .....</i>	52
4.3.5.6	<i>Qualidade dos Serviços .....</i>	52
4.3.5.6.1	<i>Implantação do Sistema de Gestão da Qualidade .....</i>	52
5	<b>ESTUDO DE CASOS E ANÁLISE CRÍTICA .....</b>	55
6	<b>CONCLUSÃO .....</b>	66
7	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	68

## LISTA DE FOTOS

FOTO 1	Centro Cultural Jean Marie Tjibaou, Nova Caledônia, 1993 .....	55
FOTO 2	Menara Mesiniaga (escritórios da IBM), Malásia, 1995 .....	56
FOTO 3	Parlamento Alemão, Berlim, 1999 .....	57
FOTO 4	Commerzbank Headquarters, Frankfurt, Alemanha, 1997.....	58
FOTO 5	Fonte: Revista Exame - 14/02/2007 .....	59
FOTO 6	Bank of America Tower (em construção) .....	60
FOTO 7	Como é a Arquitetura Ecológica do Bank of America.....	61
FOTO 8	Catedral de Brasília (2002) .....	63
FOTO 9	Aglomerado da Serra B. Hte MG (2008) .....	64

## **LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS**

CEPAL = Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe

ECO-92 = Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e  
Desenvolvimento

ONG's = Organizações Não Governamentais

ONU = Organização das Nações Unidas

CNUCED = Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e  
Desenvolvimento

CDS = Comissão de Desenvolvimento Sustentável

ECOSOC = Conselho Econômico e Social das Nações Unidas

AsBEA = Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

CBCS = Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

CIB = Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção

CONAMA = Conselho Nacional do Meio Ambiente

FIEMG = Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais

USP = Universidade de São Paulo

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

EMBRAPA = Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

INMET = Instituto Nacional de Meteorologia

PROCEL = Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

SiAC = Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras

PBQP-H = Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat

## 1. INTRODUÇÃO

A história do mundo mostra que a construção civil sempre existiu para atender as necessidades básicas e imediatas do homem sem preocupação com a técnica aprimorada em um primeiro momento. O homem pode ser qualificado diferencialmente dos demais seres vivos por inúmeras características, entre elas se inclui o dinamismo de produzir e transformar continuamente suas técnicas através de aperfeiçoamento e estudo contínuo dos resultados. A constituição das cidades exigiu qualificação e técnicas mais apropriadas e vantajosas para se construir edifícios cada vez mais sustentáveis. Surgem as edificações concebidas com responsabilidade social.

É urgente a identificação das características técnicas que propiciem a execução de um edifício ecologicamente correto tais como: condicionamento de ar, posicionamento de fachada em relação ao nascente/poente do sol, destinação de resíduos sólidos, reuso de água dentre outros. Também, uma profunda reflexão das principais causas de um estudo preliminar inadequado ou apressado da fase inicial do projeto, tais como: falta de observação da orientação magnética, análise incoerente quanto ao correto uso da edificação, preocupação somente com questões financeiras construtivas sem projeção de custos de manutenção desta edificação.

O presente trabalho pretende apresentar uma abordagem sobre o tema SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL através de casos reais pois as características de uma construção sustentável interferem diretamente na relação do homem/meio-ambiente com questões que podem ser minimizadas quando se resolve investir em um planejamento adequado.

## 2. OBJETIVO

Este trabalho apresentará a partir do processo evolutivo dos conceitos de Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável uma análise de alguns prédios diante da expectativa de alternativas sustentáveis próprias a cada caso em determinado momento, quando de sua concepção, e explicitar as vantagens oriundas naquele contexto.

Sustentabilidade foi tema de debate iniciado na década de 80 com o Relatório de Brundtland (1987) e era, enquanto definição geral: "suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas". Daí, pesquisas e estudos em todo o mundo levariam a tópicos relevantes para que se tenha uma construção sustentável nos parâmetros vigentes quanto às questões ambientais.

Qualquer observador, mesmo o maior leigo em construção civil, pode claramente constatar quesitos de insustentabilidade, pois o problema salta aos olhos de todos que circulam pelas ruas.

Ao nos reportarmos aos tempos atuais, através de uma simples observação aos prédios de qualquer cidade brasileira – e aqui se ressalta que não é nenhuma crítica, pois na época em que foram construídos atendiam plenamente ao fim a que foram propostos - é fácil perceber que até o presente momento obras ecologicamente corretas são relegadas ao segundo plano, para tanto e somente como exemplo, é só atentar para nossas fachadas envidraçadas. Num país de clima tropical quente e úmido, isto seria coerente?

Conforme estudos apresentados no corpo do presente trabalho, ressaltaremos a necessidade de reflexão sobre a abrangência dos conceitos de sustentabilidade e principalmente a possibilidade de alterar os parâmetros vigentes para que se possam obter prédios com bases cada vez mais sustentáveis.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A conceituação de sustentabilidade na construção civil varia de acordo com posição em que se encontra o etimologista. Vários “autores” a conceituam emprestando-lhe um enfoque pessoal concomitante a área que lhe é familiar: o ecologista, o biólogo, o engenheiro e até o leigo, porém este, consciente de sua responsabilidade e inserção no meio em que vive.

No entanto, este tema não é novo, as discussões sobre sua aplicabilidade ocorrem já há algum tempo. Serão apresentados, neste tópico, os conceitos gerais de sustentabilidade e seu enfoque na Construção Civil.

#### **3.1 Histórico**

##### **3.1.1 Paradigma anterior**

O mundo era dividido, segundo as concepções financeiras, em norte e sul.

O norte era tecnicista e extremamente desenvolvido detendo a tecnologia e o conhecimento em diversas áreas. Desta forma detinha maior vantagem em imposição de preços pois era ele que determinava a quem forneceria a tecnologia das máquinas ora aperfeiçoadas.

O sul, subjugado ao norte, fornecia-lhe a mão-de-obra – diga-se de passagem muito barata- e a matéria prima; tão necessários para que o norte se impusesse cada vez mais e conseqüentemente se aprimorasse mais na era tecnológica.

Em 1950, a CEPAL (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe) questionou a divisão econômica tão desigual, não se esquecendo das questões sociais internas, no mundo em geral.

No pós-guerra (1945) todos sofreram com a crise de desenvolvimento devido à obsolescência programada que força a reposição constante de produtos, com o crescimento populacional desequilibrado, a imposição tecnológica dos setores dominantes conseqüentemente surgindo à criação de novas necessidades de consumo para se estar na moda.

Desta forma o conhecimento era detido somente por analistas específicos de cada setor.

### **3.1.2 Novo paradigma**

O conceito de Desenvolvimento Sustentável é apresentado pela primeira vez na década de 80 pelo Relatório Brundtland, aos temas relacionados aos sistemas que envolvem a Construção Civil. É feita uma reflexão sobre a real abrangência e o alcance destes conceitos de sustentabilidade ao tema principal da pesquisa, que é a sustentabilidade na construção civil.

Em 1992, a declaração do Rio sobre o meio ambiente é o resultado das discussões da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que ocorreu em junho no Rio de Janeiro, a ECO-92, reafirmando a Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972.

O documento produzido define vinte e sete princípios, onde está presente o direito ao desenvolvimento sustentável, atendendo eqüitativamente as necessidades de desenvolvimento e de meio ambiente das gerações presentes e futuras, além de recomendar aos Estados a tarefa de erradicar a pobreza.

A Agenda 21 é mais um resultado das discussões da ECO-92. Trata-se de um documento consensual firmado entre os países, resgatando o termo 'Agenda' no seu sentido de intenções, desígnio, desejo de mudanças para um modelo de civilização em que predominasse o equilíbrio ambiental e a justiça social entre as nações. Destaca-se ainda que a Agenda 21 não é simplesmente uma Agenda Ambiental e sim uma Agenda para o Desenvolvimento Sustentável, onde, evidentemente, o meio ambiente é uma consideração de primeira ordem.

A Declaração de Política de 2002 da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, realizada em Johannesburg, afirma que o Desenvolvimento Sustentável é construído sobre **“três pilares interdependentes e mutuamente sustentadores”**: **desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e proteção ambiental**.

### **3.2 Sustentabilidade na construção civil**

No presente momento a discussão sobre sustentabilidade avança e envolve cada vez mais, profissional de diversas áreas; e estes, em certos momentos se reúnem para trabalhar em conjunto na busca de soluções para este desafio proposto. Algumas reflexões sobre o tema, elaboradas por profissionais do setor da construção civil e órgãos envolvidos com a questão serão resumidas no decorrer desta monografia.

#### **3.2.1 Sustentabilidade**

Na década de 60, a ONG Clube de Roma, debatia as questões ambientalistas, e neste ínterim alguns estudiosos em várias partes do planeta esboçavam os primeiros comentários sobre questões que envolviam o tema. Em seu primeiro relatório o Clube de Roma (Limits to Growth de 1972) impactou a comunidade

científica ao apresentar cenários bastante catastróficos sobre o futuro do planeta se o padrão desenvolvimentista permanecesse-se nos mesmos moldes vigentes da época.

A partir daí vários outros relatórios foram elaborados todos com o mesmo fundamento: preservar o meio ambiente. Para isso havia a necessidade de se alterar o padrão desenvolvimentista. Podemos, então, citar alguns que são referência como Desenvolvimento Sustentável:

- Relatório do Clube de Roma: Limites do Crescimento (1968);
- Declaração de Estocolmo (1972);
- Relatório de Brundtland: Nosso Futuro Comum (1987);
- Declaração do Rio (1992);
- Agenda 21 (1992).

A Declaração de Estocolmo elaborou vinte e seis “princípios comuns que ofereçam aos povos do mundo inspiração e guia para preservar e melhorar o meio ambiente humano”. No entanto, a relação desenvolvimento versus preservação ambiental ficou bastante ambígua conforme pode ser observado no Princípio 11, que diz:

“As políticas ambientais de todos os Estados deveriam estar encaminhadas para aumentar o potencial de crescimento atual ou futuro dos países em desenvolvimento e não deveriam restringir esse potencial nem colocar obstáculos à conquista de melhores condições de vida para todos. Os Estados e as organizações internacionais deveriam tomar disposições pertinentes, com vistas a chegar a um acordo para se poder enfrentar as conseqüências econômicas que poderiam resultar da aplicação de medidas ambientais nos planos nacionais e internacionais”.

### **3.2.2 Relatório Brundtland**

Em 1987 a primeira-ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland, foi nomeada pela ONU para coordenar os debates ambientais na Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. O documento final desses estudos chamou-se Nosso Futuro Comum ou Relatório de Brundtland.

Nele era proposto o desenvolvimento sustentável definido como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades”.

Nesta nova visão da relação homem/meio-ambiente fica claro que além do limite mínimo para o bem-estar da sociedade existe também um limite máximo para a utilização dos recursos naturais de modo que sejam estes preservados e perpetuados.

Segundo o Relatório da Comissão Brundtland, uma série de medidas deve ser tomada pelos países para promover o desenvolvimento sustentável. Entre elas:

- limitação do crescimento populacional;
- garantia de recursos básicos (água, alimentos, energia) em longo prazo;
- preservação da biodiversidade e dos ecossistemas;
- diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes energéticas renováveis;
- aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas;
- controle da urbanização desordenada e integração entre campo e cidades menores;
- atendimento das necessidades básicas (saúde, escola, moradia).

Em âmbito internacional, as metas propostas são:

- adoção da estratégia de desenvolvimento sustentável pelas organizações de desenvolvimento (órgãos e instituições internacionais de financiamento);
- proteção dos ecossistemas supranacionais como a Antártica, oceanos, etc., pela comunidade internacional;
- banimento das guerras;
- implantação de um programa de desenvolvimento sustentável pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Algumas outras medidas para a implantação de um programa minimamente adequado de desenvolvimento sustentável são:

- uso de novos materiais na construção;
- reestruturação da distribuição de zonas residenciais e industriais;
- aproveitamento e consumo de fontes alternativas de energia, como a solar, a eólica e a geotérmica;
- reciclagem de materiais reaproveitáveis;
- consumo racional de água e de alimentos;
- redução do uso de produtos químicos prejudiciais à saúde na produção de alimentos.

### **3.2.3 Conferência das nações unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento ECO-92**

Previsto no Relatório “Nosso Futuro Comum”, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUCED), também conhecida como ECO-92, foi realizada de 3 a 14 de junho de 1992. A cidade do Rio de Janeiro foi a sede do encontro que reuniu representantes de 175 países e de Organizações

Não-Governamentais (ONGs). Considerado o evento ambiental mais importante do século XX, a ECO-92 foi a primeira grande reunião internacional realizada após o fim da Guerra Fria.

Os compromissos específicos adotados pela ECO-92 incluem três convenções: uma sobre *Mudança do Clima*, sobre *Biodiversidade* e uma *Declaração sobre Florestas*. A Conferência também aprovou documentos com objetivos mais abrangentes e de natureza mais política: a *Declaração do Rio* e a *Agenda 21*. Ambos endossam o conceito fundamental de desenvolvimento sustentável, que combina o progresso econômico e material com a necessidade de uma consciência ecológica.

Desde a conferência, as relações entre países ricos e pobres têm sido conduzidas por um novo conjunto de princípios inovadores, como os de "responsabilidades comuns, mas diferenciadas entre os países", de "o poluidor paga" e de "padrões sustentáveis de produção e consumo". Além disso, com a adoção da *Agenda 21*, a Conferência estabeleceu objetivos concretos de sustentabilidade em diversas áreas, explicitando a necessidade de se buscar novos recursos financeiros para a complementação em nível global do desenvolvimento sustentável.

### **3.2.3.1 Convenção da biodiversidade**

A Convenção da Biodiversidade, acordo aprovado durante a ECO-92 por 156 Estados e uma organização de integração econômica regional, e que foi ratificada pelo Congresso Nacional, entrou em vigor no final de dezembro de 1993. Os objetivos da convenção são: a conservação da biodiversidade, o uso sustentável de seus componentes e a divisão eqüitativa e justa dos benefícios gerados com a utilização de recursos genéticos.

### 3.2.4 Agenda 21

O principal documento produzido na ECO-92, o "Agenda 21" é um programa de ação que viabiliza o novo padrão de desenvolvimento ambientalmente racional. Ele concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. Este documento está estruturado em quatro seções subdivididas num total de 40 capítulos temáticos. Eles tratam dos seguintes temas:

- Dimensões Econômicas e Sociais – enfocam as políticas internacionais que podem ajudar o desenvolvimento sustentável nos países em desenvolvimento, as estratégias de combate à pobreza e à miséria, as mudanças necessárias a serem introduzidas nos padrões de consumo, as inter-relações entre sustentabilidade e dinâmica demográfica, as propostas para a promoção da saúde pública e a melhoria da qualidade dos assentamentos humanos.
- Conservação e questão dos recursos para o desenvolvimento – apresenta os diferentes enfoques para a proteção da atmosfera e para a viabilização da transição energética, a importância do manejo integrado do solo, da proteção dos recursos do mar e da gestão eco-compatível dos recursos de água doce; a relevância do combate ao desmatamento, a desertificação e a proteção aos frágeis ecossistemas de montanhas; as interfaces entre diversidade biológica e sustentabilidade; a necessidade de uma gestão ecologicamente racional para a biotecnologia e, finalmente, a prioridade que os países devem conferir à gestão, ao manejo e a disposição ambientalmente racional dos resíduos sólidos, dos perigosos em geral, dos tóxicos e radioativos.
- Medidas requeridas para a proteção e promoção de alguns dos segmentos sociais mais relevantes - analisa as ações que objetivam a melhoria dos níveis de educação da mulher, bem como a participação da mesma, em condições de igualdade, em todas as atividades relativas ao desenvolvimento e a gestão ambiental. Adicionalmente, são discutidas as medidas de proteção e promoção a juventude e aos povos indígenas, às

ONG's, aos trabalhadores e sindicatos, à comunidade científica e tecnológica, aos agricultores e ao comércio e a indústria.

- Revisão dos instrumentos necessários para a execução das ações propostas - discute os mecanismos financeiros e os instrumentos e mecanismos jurídicos internacionais; a produção e oferta de tecnologias ecos-consistentes e de atividade científica, enquanto suportes essenciais a gestão da sustentabilidade; a educação e o treinamento como instrumentos da construção de uma consciência ambiental e da capacitação de quadros para o desenvolvimento sustentável; o fortalecimento das instituições e a melhoria das capacidades nacionais de coleta, processamento e análise dos dados relevantes para a gestão da sustentabilidade.

A aceitação do formato e conteúdo da Agenda - aprovada por todos os países presentes à Rio 92 - propiciou a criação da Comissão de Desenvolvimento Sustentável (CDS), vinculada ao Conselho Econômico e Social das Nações Unidas (Ecosoc). A CDS tem por objetivo acompanhar e cooperar com os países na elaboração e implementação das agendas nacionais, e vários países já iniciaram a elaboração de suas agendas nacionais. Dentre os países de maior expressão política e econômica, somente a China terminou o processo de elaboração e iniciou a etapa de implementação.

#### **3.2.4.1 Conferindo a Agenda 21**

As ONG's que participaram da ECO-92 acabaram desempenhando um papel fiscalizador, que pressiona os governos de todo o mundo a cumprir as determinações da Agenda 21.

De 23 a 27 de junho de 1997, em Nova Iorque, foi realizada a 19ª Sessão Especial da Assembléia-Geral das Nações Unidas. Com o objetivo de avaliar os cinco primeiros anos de implementação da Agenda 21, o encontro identificou as principais dificuldades relacionadas à implementação do documento, priorizou a

ação para os anos seguintes e conferiu impulso político às negociações ambientais em curso.

Para os países em desenvolvimento, o principal resultado da Sessão Especial foi a preservação intacta do patrimônio conceitual originado na ECO-92. O documento final incorporou, assim, uma "Declaração de Compromisso", no qual os chefes de delegação reiteram solenemente o compromisso de seus países com os princípios e programas contidos na Declaração do Rio e na Agenda 21, assim como o propósito de dar seguimento a sua implementação.

### **3.3 Construção sustentável e princípios básicos**

A incorporação de práticas de sustentabilidade na construção é uma tendência crescente no mercado. Sua adoção é “um caminho sem volta”, pois diferentes agentes – tais como governos, consumidores, investidores e associações – alertam, estimulam e pressionam o setor da construção a incorporar essas práticas em suas atividades.

Para tanto, o setor da construção precisa se engajar cada vez mais. As empresas devem mudar sua forma de produzir e gerir suas obras. Elas devem fazer uma agenda de introdução progressiva de sustentabilidade, buscando, em cada obra, soluções que sejam economicamente relevantes e viáveis para o empreendimento.

Qualquer empreendimento humano para ser sustentável deve atender de modo equilibrado, a quatro requisitos básicos:

- Adequação ambiental;
- Viabilidade econômica;
- Justiça social;
- Aceitação cultural.

A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura - AsBEA, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - CBCS e outras instituições apresentam diversos princípios básicos da construção sustentável, dentre os quais destacamos:

- 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.

O Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção (CIB) define a construção sustentável como “o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre os ambientes natural e construído e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica” (CIB, 2002, p.8).

É importante notar que o Conselho fala de “restabelecimento da harmonia”, isso porque muitos processos que privilegiavam o aproveitamento passivo de fatores naturais, como luz, calor, ventilação, entre outros, foram abandonados com o advento da energia elétrica e tecnologias de aquecimento e resfriamento artificiais. Há espaço para o resgate de antigas tecnologias e processos para o aumento da sustentabilidade das edificações. Pequenas mudanças, adotadas por todos, podem trazer grandes benefícios sem grandes impactos no custo final do empreendimento.

A noção de construção sustentável deve estar presente em todo o ciclo de vida do empreendimento, desde sua concepção até sua re-qualificação, desconstrução ou demolição. É necessário um detalhamento do que pode ser feito em cada fase da obra, demonstrando aspectos e impactos ambientais e como estes itens devem ser trabalhados para que se caminhe para um empreendimento que seja: uma idéia sustentável, uma implantação sustentável e uma moradia sustentável.

### **3.4 Enfoque ético social**

Um enfoque social ao tema é dado pelo engenheiro Ubiratan Félix “a dificuldade de acesso à moradia de amplos setores populacionais é a principal ameaça a sustentabilidade das cidades brasileiras, já que, em razão da exclusão de grande parte da população do mercado imobiliário formal cresce o déficit habitacional e as normas de ocupação irregulares em áreas de risco, de proteção ambiental e de mananciais” (Félix, p.61).

O arquiteto Jaime Pusch traz uma visão ética para o mesmo conceito: “a sustentabilidade é uma recomendação pró-ativa. Apresenta-se ao agente de desenvolvimento como uma condicionante definitiva de sua ação sobre o meio. O conceito de ação sustentável passa também pela consideração do homem como ser integrante da natureza e propõe a harmonização dos seus interesses peculiares consigo mesmo e seu entorno” (Pusch, p.30).

### 3.5 Construção Sustentável nas Cidades

A arquiteta Marta Romero aborda o tema numa perspectiva processual, trazendo o conceito para a cidade, ampliando a visão além da simples dimensão ecológica: “a construção da sustentabilidade nas cidades brasileiras significa enfrentar várias questões desafiadoras, como a concentração de renda e a enorme desigualdade econômica e social, o difícil acesso a educação de boa qualidade e ao saneamento ambiental, o déficit habitacional e a situação de risco de grandes assentamentos, além da degradação dos meios construído e natural, e dos acentuados problemas de mobilidade e acessibilidade” (Romero, p.55).

Marta Romero propõe um urbanismo sustentável baseado em premissas de desenho participativo, arquitetura da paisagem, bioclimatismo e eficiência energética. A sustentabilidade emerge da integração de quatro elementos:

- 1- desenvolvimento econômico, que inclui habitação acessível, segurança pública, proteção do meio ambiente e mobilidade;
- 2- inclusão social, reconciliando interesses para identificar e alcançar valores e objetivos comuns;
- 3- previsão de objetivos em longo prazo (preservação para as gerações futuras);
- 4- qualidade pela preservação da diversidade e não a quantidade.

Todos estes conceitos são importantes, e se complementam, uma vez que permitem uma compreensão do que vem a ser a sustentabilidade através de uma aproximação de seus múltiplos significados ao tema da Construção Civil. Caso se deseje classificar uma ação relacionada à construção civil como plenamente sustentável, deve-se ainda lembrar que a dimensão social deve ser envolvida, contribuindo para diminuir a pobreza e promovendo a igualdade social nas cidades.

Outro aspecto relevante que pode ser notado é que o conceito de sustentabilidade não é fechado, não é possível atingir uma sustentabilidade absoluta. Um projeto poderá sempre adotar soluções que diminuam seu impacto

no meio ambiente; analisado sob outros aspectos poderá não ser plenamente sustentável.

Outra importante consideração a se fazer está na definição da metodologia utilizada para encarar os problemas urbanos. Apesar dos avanços científicos que fornecem poderosas ferramentas de trabalho para o planejador, tais como programas de geo-referenciamento, fotos aéreas tiradas de satélites, programas que permitem trabalhar simultaneamente várias disciplinas de planejamento; pode-se apontar como o maior obstáculo a ser vencido a maneira de pensar soluções para os mais graves problemas de nossas cidades. Frequentemente poderá um planejador despreparado se deixar levar pelo pensamento linear, que não é uma alternativa adequada aos problemas humanos. Por exemplo: pode-se inferir que a presença de uma favela no meio urbano gera violência, no entanto acabar com a favela não é solução definitiva para se eliminar a violência.

#### 4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Algumas estratégias de análise podem ser propostas para aproximar o conceito geral definido pelo relatório Brundtland para o tema construção civil sustentável, em especial alguns estudos de casos reais, objeto deste estudo, pois as características de uma construção sustentável interferem diretamente na relação do homem/meio-ambiente com questões que podem ser minimizadas quando se resolve investir em um planejamento eco-eficiente adequado.

As gerações futuras, para as quais voltamos nossa atenção permitindo tenham recursos para atender suas próprias necessidades, vão precisar habitar o planeta de forma sustentável, usufruindo o meio ambiente natural, produzindo alimentos e bens de consumo, comunicando-se, relacionando-se e habitando residências salubres, seguras e igualmente sustentáveis.

A análise de algumas edificações onde se objetivou alcançar plenamente o conceito de uma construção sustentável será feita tendo em mente que estas construções se relacionam com vários outros sistemas: redes de abastecimento de água e energia, rede de esgotos, sistemas de drenagem pluvial, bacias hidrográficas, micro clima local, que estão intrinsecamente ligados numa rede de conexões que irá culminar numa abrangência que atinge a todos os habitantes do planeta, portanto o conceito de construção sustentável além de muito abrangente envolve inúmeros fatores e, alguns extrapolam os conceitos tradicionais.

## **4.1 Objetivos do trabalho**

Com base nos princípios apresentados, aplicando-os para se alcançar a sustentabilidade na construção civil, apresentaremos algumas fotos de edificações onde todos os profissionais envolvidos no processo conceutivo e executivo buscaram o aprimoramento em construção sustentável de acordo com conceitos regionais e temporais.

Em seguida será feita uma análise das fotos apresentadas apontando e justificando as soluções técnicas utilizadas que permitem qualificá-los como sustentáveis.

Portanto este trabalho objetiva mostrar que soluções sustentáveis envolvem inúmeros fatores, por isso não devemos enrijecer nossos conceitos e levar em consideração que ao se almejar executar uma construção sustentável o projetista levou em consideração fatores que escapam a nós para se analisar com toda amplitude tal projeto. O importante é que se poderá demonstrar que a construção civil sustentável é viável, e contribui para a preservação do meio ambiente.

## **4.2 Metodologia**

Podemos, ao analisar o planeta como um todo, conceituar que quanto mais estudamos os principais problemas de nossa época, mais somos levados a perceber que eles não podem ser resolvidos isoladamente. É sistêmico, o que significa que são interligados e interdependentes.

Uma visão holística do mundo, concebido como um todo integrado, e não como uma coleção de partes dissociadas pode ser também denominada uma visão ecológica, considerando o sentido amplo do termo, que reconhece o valor de

todos os seres vivos e concebe os seres humanos apenas como um fio particular na teia da vida. Esta percepção holística, que coloca a ênfase no todo, tornou-se conhecida como “sistêmica”. Os pioneiros do pensamento sistêmico foram os biólogos, que enfatizavam a concepção dos organismos vivos como totalidades integradas.

Pode-se então estabelecer uma relação entre o conhecimento e a visão holística que reconhece o planeta como um todo integrado, percebendo que são formas de pensar semelhantes, analisando problemas correlatos a uma questão crucial que deve ser encarada neste momento: a sustentabilidade ambiental, especialmente a ser abordada nesta pesquisa, a sustentabilidade na construção civil.

O meio ambiente não deve ser pensado dissociado de todos os outros sistemas planetários; o meio ambiente que abrange os meios natural, rural e urbano, em última análise, é o próprio planeta. A sustentabilidade ambiental, para ser plenamente alcançada através desta nova postura holística, deve ser abordada em todas as suas implicações, nas esferas das atividades humanas, sejam elas familiares, educacionais, habitacionais, produtivas, extrativistas ou exploratórias, de consumo de produtos, prestação de serviços, de pesquisa, e até mesmo nas atividades futuras, aquelas que ainda nem foram inventadas.

A metodologia utilizada na elaboração do tema será então a sistêmica; entender as coisas sistematicamente significa colocá-las dentro de um contexto e estabelecer a natureza de suas relações. Qualquer ação proposta para diminuir impactos da construção civil sobre o meio ambiente contribui, em última instância, para a sustentabilidade de todo o planeta.

### **4.3 Sustentabilidade na Construção Civil**

A sustentabilidade, com suas múltiplas implicações, deve ser buscada em todas as esferas das ações correlatas ao sistema da construção civil. A abordagem que

se fará a seguir busca aproximar o conceito amplo da sustentabilidade na construção civil.

#### **4.3.1 Pré-condições de empreendimentos sustentáveis**

O primeiro passo para a sustentabilidade na construção é o compromisso das empresas da cadeia produtiva a criarem as bases para o desenvolvimento de projetos efetivamente sustentáveis. Apresentamos aqui três pré-condições fundamentais para a construção dessa base:

##### **Pré-condição 1 – Um projeto de sustentabilidade tem que ter qualidade**

A qualidade garante que níveis de excelência sejam atingidos, mantidos e disseminados nos processos das empresas. A gestão da qualidade, especialmente a busca por melhoria contínua, é um pré-requisito para a sustentabilidade porque estimula a melhoria constante dos processos empresariais, que estão ligados ao consumo de recursos naturais, produtividade, desperdício, durabilidade, entre outros.

##### **Pré-condição 2 – Sustentabilidade não combina com informalidade**

É fundamental selecionar fornecedores, tanto de materiais e serviços, assim como a equipe da mão-de-obra. As empresas que trabalham com fornecedores informais também se tornam informais, alimentando este ciclo nocivo. É preciso garantir a legalidade de toda a empresa e de todos os seus processos. Além de garantir a legitimidade da empresa, a seleção de fornecedores formais estimula o aumento da profissionalização na cadeia produtiva e conseqüente eliminação de empresas com baixa produtividade que só se mantêm no mercado por economias advindas de atividades ilícitas.

##### **Pré-condição 3 – Busca constante pela inovação**

Utilizar novas tecnologias, quando possível é adequado. Caso inviável, buscar soluções criativas respeitando o contexto. É importante que as empresas tenham relações estreitas com agentes promotores de inovação na cadeia produtiva,

tanto na oferta de novos materiais e equipamentos, quanto na capacitação da mão-de-obra.

A base para a sustentabilidade na construção é alinhar ganhos ambientais e sociais com os econômicos, daí a necessidade e importância de inovações.

#### **4.3.2 Política urbana sustentável**

O trecho abaixo retirado do capítulo “Reformulando a Governança Global” da publicação O Estado do Mundo 2002, elaborado pela ONG World Watch Institute, explica o que vem a ser a “boa governança urbana”:

“À medida que a população mundial se torna mais urbana e governos nacionais deslocam algumas responsabilidades para cidades e vilas, as autoridades municipais estão se tornando cada vez mais importantes”.

Em 1999 a Habitat, a agência das Nações Unidas responsável por assentamentos humanos, lançou uma campanha global que objetiva ajudar as pessoas a ter voz nos governos locais. Ela está desenvolvendo um consenso em sete princípios da boa governança urbana:

- sustentabilidade: equilibrar as necessidades sociais, econômicas e ambientais de gerações atuais e futuras, por exemplo, elaborando um plano de ação de uma Agenda 21 local para o meio ambiente e o desenvolvimento;
- subsidiaridade: descentralizar responsabilidades e recursos ao nível inferior mais adequado;
- igualdade: assegurar que todos os cidadãos tenham acesso à tomada de decisão;
- eficiência: administrar a receita municipal de forma economicamente viável;

- responsabilidade: obrigar as autoridades locais a prestar contas aos cidadãos, melhorando o acesso às informações governamentais;
- participação: promover o engajamento cívico e a cidadania, por exemplo, fazer uso de audiências públicas e pesquisas; e
- segurança: "esforçar-se em manter seguros os logradouros públicos, por exemplo, envolvendo os cidadãos na prevenção de crimes e conflitos e prontidão contra desastres, ou desenvolver uma campanha de conscientização pública a fim de encorajar a tolerância à diversidade." (French, p. 226).

No Brasil a responsabilidade sobre a política de desenvolvimento urbano foi “deslocada” da esfera federal para os municípios. Os municípios devem aprovar em lei suas diretrizes de desenvolvimento; o plano diretor é uma lei que estabelece um pacto entre o governo municipal e a população, garantindo a continuidade das ações propostas mesmo que ocorra mudança no comando da administração municipal.

### **4.3.3 Práticas urbanísticas sustentáveis**

Um mesmo município pode possuir zonas climáticas distintas; portanto estratégias diferenciadas devem ser utilizadas na implantação da edificação, para permitir o aproveitamento das potencialidades micro climática e subsequente bom desempenho energético.

A pesquisa sobre o micro clima local começa com o levantamento sobre a intensidade de ventos, sobre a umidade e a temperatura do ar, sobre o comportamento destas variáveis nas diferentes estações ao longo do ano. Para cada situação levantada, podem-se aplicar certas estratégias arquitetônicas. Podemos resumir algumas estratégias bioclimáticas que podem ser incorporadas ao desenho urbano:

- **Ventilação permanente:** aplicada em área urbana necessária para manter a qualidade do ar. Quanto ao projeto arquitetônico urbanístico pode-se garantir a passagem do ar através de divisas descontínuas ou devido a implantações não contínuas, em locais quentes não obstruir a passagem de ar por lagos ou rios (traçados viários que permitam o fluxo de ar).
- **Resfriamento evaporativo:** consiste em retirar o calor do ambiente pela evaporação da água, conseqüentemente aumenta a umidade relativa do ar e reduz sua temperatura. Nas áreas urbanas pode-se conseguir criar um micro clima mais ameno através da implantação de espelhos d'água ou lagos na direção dos ventos, em espaços públicos ou praças. O uso de vegetação próxima à edificação ajuda a deixar a temperatura mais amena devido à evapotranspiração das plantas.
- **Iluminação natural:** estratégias para promover a iluminação natural das edificações são recomendadas para todos os tipos de micro clima, pois promovem conforto lumínico, salubridade e são eficazes na busca pela eficiência energética das edificações.
- **Sombreamento:** É um procedimento que visa evitar o sobre aquecimento das superfícies expostas à insolação direta. A colocação de plantas ao redor das edificações diminui o albedo (reflexão da radiação em direção a casa), evita também que o piso acumule calor durante o dia e o irradie de volta durante a noite. Praças e ruas arborizadas é outra forma de controlar a insolação excessiva amenizando-se assim o calor no interior das edificações e na área urbana como um todo.

#### **4.3.4 Parâmetros para uma edificação sustentável**

##### **4.3.4.1 Redução do desperdício**

Um estudo publicado pela Universidade Politécnica de Hong Kong – A Guide for Minimizing Construction and Demolition Waste at the Design Stage – apresenta uma série de recomendações e mudanças de atitude em relação ao tratamento dado às novas construções, trazendo princípios de redução de desperdícios que começam antes mesmo de entrar no canteiro de obras. A concepção do projeto deve objetivar o aumento da vida útil do edifício, especificando materiais adequados e minimizando desperdícios de insumos advindos da obra, que muitas vezes ocorrem por deficiências de projeto. O método construtivo adequado também contribui na busca da redução do desperdício. Redução de desperdício implica na redução no consumo de energia (que foi gasta na produção de insumos e materiais), contribuindo para uma construção civil mais sustentável.

##### **4.3.4.2 Conservação e reabilitação de edifícios antigos**

A necessidade da demolição de edifícios existentes devido ao comprometimento de sua segurança estrutural ou obsolescência funcional pode ser evitada caso seja possível dar continuidade à ocupação da edificação. A melhor maneira de reduzir desperdícios advindos de uma demolição é exatamente evitar que ela ocorra, ao perpetuar o uso do edifício. A manutenção predial prolonga sua vida útil, proporciona a conservação e boa aparência da construção, mantém as condições de segurança estrutural e da construção como um todo.

Um imóvel que se encontra vazio ou abandonado devido a sua não adequação espacial ao uso anterior pode ser reocupado, recebendo uma nova destinação funcional. Ainda que sejam necessárias alterações no desenho interno ou

pequenas reformas, seus custos serão sempre menores que sua derrubada para a construção de um novo edifício.

#### **4.3.4.3 Reciclagem**

A reciclagem de resíduos da construção civil é um tema muito amplo e relaciona-se diretamente ao tema deste trabalho. A reciclagem visa à redução do uso de recursos naturais e permanência da matéria-prima no processo de produção.

Segundo a Resolução 307 do CONAMA, resíduos da construção civil são aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solo, rocha, madeira, forro, argamassa, gesso, telha, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., comumente chamados de entulho de obra, calça ou metralha.

Uma proposta de gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos deve priorizar sempre a redução da geração de resíduos na fonte. No entanto, quando existir a geração dos resíduos, deve-se buscar a reutilização ou a reciclagem. Somente quando não existir possibilidade de reciclá-los é que os resíduos devem ser incinerados (com recuperação de energia) ou aterrados. Um processo de reciclagem de qualidade requer um resíduo de qualidade, o que implica segregar os resíduos junto à fonte geradora, ou seja, nos próprios canteiros de obra. Para que o ciclo da reciclagem se estabeleça, é fundamental que o construtor/gerador tenha consciência da importância do seu papel neste processo.

Primeiro, com relação à adoção de uma postura racional e criativa, que facilite a evolução das técnicas construtivas e de gestão de recursos humanos, viabilizando assim a redução de diferentes formas de desperdício.

Segundo, com relação à segregação dos resíduos nos canteiros de obra, o que permite assegurar uma maior qualidade dos resíduos e reduzir custos de beneficiamento, fortalecendo o processo de produção de materiais reciclados.

A viabilização da coleta seletiva envolve o desenvolvimento de um Plano de Gerenciamento de Resíduos em cada obra, incluindo a conscientização e sensibilização da mão-de-obra e a introdução de rotinas de segregação/armazenamento dos resíduos e a organização dos seus fluxos.

A reciclagem de resíduos industriais, ou co-processamento, é o segundo método mais utilizado na destinação final de resíduos industriais no Brasil, atrás apenas do aterro industrial (ver Resolução CONAMA Nº. 264). Co-processar significa substituir combustível e/ou matéria prima por resíduos industriais na produção do clínquer, precursor do cimento, ou seja, é a destruição térmica dos resíduos, perigosos ou não.

Duas grandes empresas brasileiras do setor cimenteiro possuem segmento especial para lidar com o co-processamento. Os tipos de resíduos que podem ser co-processados são, em sua maioria, oriundos das indústrias petroquímicas, automobilística, alimentícia e mineração.

Um site experimental, a Bolsa de recicláveis, criado em outubro de 2006 pela Fiemg administra uma rede de empresas geradoras de resíduos, cadastrando interessados em comprar e vender material reciclado ou passível de co-processamento. A bolsa analisa e caracteriza o material, o insere no site e acompanha a negociação entre as partes. A bolsa permite a criação de grupos geradores próximos geograficamente, diminuindo os custos de transporte de resíduos até o local de reciclagem.

Dentre os problemas que dificultam as práticas de reciclagem o maior obstáculo a ser vencido talvez seja a falta da cultura da reciclagem. Para torná-la viável todos os envolvidos deveriam cumprir seus papéis, os clientes, que devem avaliar a real necessidade de construir, diante da possibilidade de adequar um edifício existente às suas necessidades; empresas construtoras, que devem buscar reduzir as perdas e a geração de resíduos por meio da adoção de métodos construtivos

mais racionais e governo local, fiscalizando geradores e transportadores, visando coibir as disposições irregulares dos resíduos em áreas públicas e/ou privadas que não tenham licença ambiental e estimulando o uso de materiais reciclados nas obras públicas, em especial as de habitações populares.

#### **4.3.4.4 A Reutilização de Materiais na Construção Civil**

##### **4.3.4.4.1 Introdução**

O entulho da construção civil, uma montanha diária de resíduos formada por argamassa, areia, cerâmicas, concretos, madeira, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos, tintas, etc. tornou-se um sério problema nas grandes cidades brasileiras. A partir de julho de 2004, de acordo com a resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), as prefeituras estarão proibidas de receber os resíduos de construção e demolição no aterro sanitário. Cada município deverá ter um plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil.

“Há muitos anos as políticas públicas estão voltadas ao lixo domiciliar e ao esgoto. Ignora-se o problema do resíduo da construção”, avalia o professor Vanderley John, do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP. Envolvido com o estudo de resíduos da construção desde 1997, o professor é coordenador de um projeto de pesquisa, o qual visa desenvolver normas técnicas para facilitar a reciclagem, além de metodologias de controle de qualidade dos produtos gerados. Outra meta é investigar outros usos: os de resíduos da construção civil.

De acordo com o Vanderley John, resultados de pesquisas anteriores demonstram que as características dos resíduos de construção são muito variáveis. As tecnologias existentes não conseguem medir as características dos resíduos em tempo real, de forma que mesmo agregados reciclados de excelente qualidade são empregados em funções menos exigentes, desvalorizando o produto. Assim, uma das metas mais ambiciosas da pesquisa é desenvolver um

conjunto de tecnologias de caracterização dos resíduos que torne possível a identificação rápida e segura das oportunidades de reuso e reciclagem mais adequadas para cada lote. O objetivo é ampliar o mercado para os produtos reciclados e valorizar a fração de boa qualidade.

Outra importante consequência dessa pesquisa é mostrar que a transformação de um resíduo em produto comercial efetivamente utilizado pela sociedade oferece grandes oportunidades para aumentar a sustentabilidade social e ambiental. Por outro lado oferece também significativos riscos ambientais e para a saúde dos trabalhadores que não estejam cientes de como deve ser realizado um processo profissional de reaproveitamento.

#### **4.3.4.4.2 O Tratamento do Entulho no Brasil Atualmente**

Praticamente todas as atividades desenvolvidas no setor da construção civil são geradoras de entulho. No processo construtivo, o alto índice de perdas do setor é a sua principal causa. Já nas obras de reformas, a falta de uma cultura de redução, reutilização e reciclagem são as principais causas do entulho gerado pelas demolições durante o processo. Em todo o mundo, esta quantidade corresponde, em média, a 50% do material desperdiçado. No Brasil produz-se 850.000 t/mês de entulho, no Reino Unido 53.000 t/mês e no Japão 6.000 t/mês.

Como pode ser concluído, em alguns países europeus, Japão e nos EUA, o reaproveitamento de entulho para reciclagem já faz parte do processo construtivo, atestando totalmente a sua viabilidade tanto técnica como econômica.

No Brasil, entretanto, o seu reaproveitamento é restrito praticamente à sua utilização como material para aterro e, em muito menor escala, à conservação de estradas de terra. A prefeitura de São Paulo, em 1991, implantou uma usina de reciclagem com capacidade para 100 t/hora, produzindo material utilizado como sub-base para pavimentação de vias secundárias, numa experiência pioneira no Hemisfério Sul.

Em Belo Horizonte - MG, a prefeitura implantou um programa para correção ambiental de áreas degradadas pela deposição clandestina de entulho, com a criação de uma rede de áreas para sua captação. O programa é completado pela instalação de usinas de reciclagem que produzem materiais para uso em obras e serviços públicos.

#### **4.3.4.4.3 Resultados do Reaproveitamento**

##### **4.3.4.4.3.1. Ambientais**

Os principais resultados produzidos pela reciclagem do entulho são os benefícios ambientais. A equação da qualidade de vida e da utilização não predatória dos recursos naturais é mais importante que a equação econômica. Os benefícios são conseguidos não só por se diminuir a deposição em locais impróprios como também por minimizar a necessidade de extração de matéria-prima em jazidas, o que nem sempre é adequadamente fiscalizado. Reduz-se, ainda, a necessidade de destinação de áreas públicas para a deposição dos resíduos.

##### **4.3.4.4.3.2. Econômicos**

Experiências indicam que é vantajoso também economicamente substituir a deposição irregular do entulho pela sua reciclagem. O custo para a administração municipal é aproximadamente US\$ 10 por metro cúbico de entulho clandestinamente depositado, incluindo a correção da deposição e o controle de doenças. Estima-se que o custo de reciclagem, por exemplo, fique perto de 25% desses custos, ou seja, aproximadamente US\$ 2,50. /m<sup>3</sup>.

A produção de agregados com base no entulho pode gerar economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais. A partir deste material é possível fabricar componentes com uma economia de até 70% em relação a

similares com matéria-prima não reciclada. Na grande maioria dos casos, a reciclagem de entulho possibilita o barateamento das atividades de construção.

#### 4.3.4.4.3.3. Sociais

O emprego de material reciclado em programas de habitação popular, por exemplo, traz bons resultados. Os custos de produção da infra-estrutura das unidades podem ser reduzidos. Porém, como o princípio econômico que viabiliza a produção de componentes originários do entulho é o emprego de maquinaria e não o emprego de mão-de-obra intensiva, nem sempre se pode afirmar que a sua reciclagem seja geradora de empregos.

#### 4.3.4.4.4 Metodologia

Definitivamente a minimização de resíduos é uma das principais maneiras de se reduzir o impacto ambiental. Envolve processos durante todo o ciclo de vida de uma construção, desde a racionalização do processo construtivo, componentes reusados e/ou renováveis, até o fim do seu ciclo de vida.

O desenvolvimento desse processo objetiva ampliar os benefícios ambientais conseguidos com cada um dos critérios a seguir:



Essa seqüência foi elaborada para que haja reconhecimento de prioridades na hora de decidir o que deve ser feito com o entulho. O reuso (reutilizar) foi

colocado como segunda opção porque apresenta benefícios como menor gasto de energia, menores taxas de emissão de poluentes (gases) e menor uso de água que a reciclagem.

#### **4.3.4.4.1 Reduzir**

Quando não é possível recusar um produto ou material, há a possibilidade de reduzir o consumo do mesmo. A melhor forma de resolver um problema constante, como é o caso dos resíduos, é a de evitar o seu aparecimento. Reduzindo sua quantidade, reduz também o lixo gerado por ele, seja pelas embalagens ou pelo descarte em si. Na construção civil pode-se, por exemplo, reduzir a quebra de tijolos solicitando ao fornecedor de blocos cerâmicos o envio de blocos previamente cortados (meio bloco).

#### **4.3.4.4.2 Reutilizar**

Consiste no aproveitamento de produtos sem que estes sofram quaisquer tipos de alterações ou processamento complexos. Antes de um produto ser jogado fora, ele ainda tem muitos usos sem ter que passar por um processo de restauração ou reciclagem. Muitas vezes é preciso ser criativo, inovador, usar um produto de várias maneiras.

O reuso dos materiais na construção civil é normalmente muito simples, trata-se da execução de um desmonte. Para isso seria necessário um programa para organizar a demolição seletiva ou desconstrução para que os materiais não sejam danificados e que não sejam misturados a ponto de não poderem ser separados. Os elementos estruturais, caixilhos, porta, piso, painéis, etc., podem ser reutilizados simplesmente retirando-os e recolocando-os. Se o material estiver em bom estado, basta removê-lo com cuidado para não danificá-lo e reinstalá-lo em seu novo lugar de uso. Os caixilhos de madeira ou PVC são bons exemplos disso, pois é possível retirá-los por inteiro, junto com o vidro.

Entretanto, seria ideal que o projeto para o qual a peça se destina seja previamente desenhado para recebê-la sem que haja a necessidade de corte, ou seja, é preciso que haja uma idéia prévia sobre o reuso. No entanto, é recomendado o corte para a adequação da peça ao novo uso quando não houver alternativa ou quando parte da peça encontra-se danificada.

No caso de construções que utilizam a madeira e o aço em elementos estruturais estas já deveriam ser pensadas para o desmonte desde sua concepção no projeto, utilizando peças que encaixam entre si ao invés de utilizar colas (no caso da madeira), soldas (no caso do aço) ou qualquer outro tipo de junta que possam ser tóxicas ou impossibilitarem a separação.

#### **4.3.4.4.3 Reciclar**

A reciclagem consiste na reintrodução, no processo produtivo, dos resíduos, quer esses sejam sólidos, líquidos ou gasosos para que possam ser reelaborados, dentro de um processo produtivo que envolva gasto de energia, gerando assim um novo produto idêntico ou não ao que lhe deu origem. Por ser um processo que consome energia e até gera resíduos, a reciclagem é considerada o último recurso no reaproveitamento de materiais.

Na construção civil, o aço tem boa reciclabilidade, no entanto seu processo é feito somente em escala industrial resultando num inevitável consumo de energia e impacto no meio ambiente, sem contar com o transporte e lugar para armazenamento. Por isso não é costume reciclá-lo e sim reutilizá-lo.

Da mesma forma, o vidro é também reciclado em escala industrial, embora não demande tanta energia em comparação àquela que foi usada na sua fabricação. Além disso, o vidro pode ser reciclado quantas vezes forem necessárias sem perder suas propriedades. O único fator que pode dificultar e até mesmo impedir sua reciclagem é a adição de filmes e películas. Depois de aplicadas elas precisam ser retiradas através de processos químicos tóxicos que são obviamente prejudiciais, e, muitas vezes, não é possível removê-las. A madeira, por sua vez, pode ser reciclada para virar compensado. Esta é moída ou

convertida a lascas e prensada de volta a um formato que é denominado compensado. Ele pode ser usado como painéis, fechamentos e móveis.

O aspecto mais importante da reciclagem na construção civil, no entanto, não consiste em nenhuma das práticas citadas acima. Em todos os casos, é muito mais comum e recomendável o reuso antes de qualquer processo, pois estes se revelam custosos e consumidores de energia. Além disso, o resíduo mais comum na construção são restos de alvenaria e revestimento, pois estes são utilizados na esmagadora maioria das construções: trata-se de entulho. O entulho é geralmente constituído por: areia, cimento, concreto, aço, blocos e tijolos.

A reciclagem é necessária em duas ocasiões: quando há uma demolição ou na própria construção. No primeiro caso, quando uma construção está para ser demolida é necessário criar um planejamento do processo de demolição como foi dito anteriormente. A demolição seletiva consiste na diferenciação integral dos resíduos sólidos para a alteração da destinação adotada na reciclagem a fim de evitar a mistura dos materiais entre si e de contaminantes.

De modo geral o processo de reciclagem segue a etapas de limpeza e seleção prévia como foi descrito acima; homogeneização; extração de contaminantes e materiais metálicos através de um eletroímã; e, por fim, a britagem. O processo de britagem nada mais é que o fracionamento do entulho até um determinado diâmetro para resultar no produto final chamado de agregado reciclado. Para isso, é utilizado um britador, que pode ser de mandíbula ou de impacto. O primeiro é ideal para a produção do agregado reciclado se tiverem ajuda de outro para a britagem secundária, mas é muito frágil se encontrar contaminantes como ferro e aço. O de impacto oferece capacidade de redução de partículas muito superior ao primeiro e não se danifica no contato com contaminantes.

Devidamente reciclado, o entulho apresenta propriedades físicas tão boas quanto à dos materiais originais e apropriadas para seu emprego como matéria prima na produção de material de construção. No entanto, é importante ressaltar que o entulho possui características bastante peculiares. Há uma grande quantidade de matérias-primas, técnicas e metodologias empregadas na construção civil que

afetam significativamente as características do agregado quanto à composição e quantidade. É preciso atentar para que o uso seja compatível com as características do agregado para que haja segurança e bom desempenho do material. Por exemplo, se um agregado for utilizado na fabricação de concreto estrutural, seu processo de reciclagem deve ser mais rigoroso do que se ele fosse destinado à fabricação de cerâmica de revestimentos.

Há estudos comprovados que mostram um diferencial expressivo entre os valores anunciados para os materiais convencionais e o agregado reciclado, possibilitando a compreensão de que existe viabilidade econômica para a consideração da implantação da reciclagem.

O agregado reciclado pode substituir diversos tipos de matérias primas. A destinação final vai depender da finura e da composição do agregado. Os agregados que vem de telhas e blocos serão novamente utilizados para a produção dos mesmos e terão que ser moídos até um diâmetro bem fino; o processo de fabricação a partir do agregado é o mesmo que seria para a matéria prima convencional. Já o agregado utilizado para concretos, além de passar por uma rigorosa avaliação, apresenta diâmetro bem maior, para substituir a brita. O agregado pode, de maneira geral, servir para a fabricação da maioria dos materiais de construção, desde concreto estrutural até argamassa, basta atentar para seu o diâmetro e sua composição.

#### **4.3.5 Quesitos aplicáveis para obras sustentáveis**

##### **4.3.5.1 Fase da concepção**

A fase de concepção envolve todos os estudos preliminares, que incluem o estudo de viabilidade econômica, estudo de legislações, estudo das condições

naturais e entorno. É nessa fase que é montado o Programa de Necessidades, que define o padrão da edificação a ser construída.

Essa etapa é de extrema relevância para a sustentabilidade do empreendimento, por permitir total liberdade ao empreendedor e profissionais envolvidos na concepção do projeto, para que busquem aumentar seu desempenho sócio-ambiental minimizando os custos e por influenciar todas as fases seguintes do projeto.

Mais uma vez, é importante salientar que o empreendimento sustentável deve:

- atender as necessidades dos usuários;
- Ser economicamente viável para seus investidores;
- Ser produzido com técnicas que reduzam o trabalho degradante e inseguro feito pelo homem (CEOTTO, 2006).

#### **4.3.5.1.1 Harmonização com o entorno**

A observação do entorno, seus condicionantes físicos ambientais e as considerações críticas sobre os marcos legais adotados, por parte do empreendedor, constituem ações a serem pesadas como parte de uma atitude sustentável para a cidade.

Esta observação do meio e dos condicionantes exógenos, especialmente veiculados a uma postura sensível ao meio ambiente, suas alterações observadas em função do impacto gerado pelo empreendimento urbano, atrelado a uma tomada de decisão que considere criticamente os efeitos de médio e longo prazo no meio, são parte de uma ação sustentável.

Garantir acesso coletivo a um meio ambiente sustentável, premissa de atendimento dos requisitos que apontam para o equilíbrio entre impacto e lucro, é parte da compreensão de quão impactante é a ação humana na terra. Nas áreas urbanas, extremamente antropizadas, esta ação é mais veemente, já que o meio social é um poderoso modificador do meio físico climático em que vivemos.

Adensamento, verticalização, impermeabilização, alteração da paisagem natural pelo desmatamento, desvio de cursos d'água, ocupação excessiva e intensiva nos grandes centros urbanos, alteração de lençóis, poluição e formação de barreiras arquitetônicas ao local, alterando o clima, o desempenho de ventos dominantes, a produção de espaço artificial em abundância, a alteração do comportamento das espécies vegetais etc. são fatores que estão ligados à maneira como administramos o espaço construído em nossas cidades.

Portanto, faz-se necessário considerar, para efeito de produção de cidades sustentáveis, se são também sustentáveis nossos condicionantes de uso e ocupação do solo e se estes, por si, respeitam a dimensão humana, o entorno, o meio natural, a projeção e o impacto da intervenção, bem como a possibilidade de construção harmoniosa de cidades.

#### **4.3.5.1.2 Compromisso com grupos de interesse**

Os grupos de interesse, ou stakeholders, são os grupos de indivíduos que afetam ou são afetados pelas fases do empreendimento e que possuem interesses comuns em relação a este. A criação de compromisso com grupos de interesse envolve a troca de informações, através de consulta e diálogo entre os diferentes grupos de interesse, transferência de valores e princípios para a cadeia de fornecedores, treinamento e capacitação da mão-de-obra para o aumento da transparência entre as pessoas e construção de ações conjuntas visando à sustentabilidade. Mostra-se importante o mapeamento desses grupos de interesse para a execução de um empreendimento. Esse mapeamento procura abranger indivíduos e aspectos que vão além das questões legais, as quais já devem ser obrigatoriamente atendidas nos dias de hoje, criando um compromisso que começa com a definição dos grupos diretamente relacionados e estratégicos a serem envolvidos nas discussões de cada aspecto.

#### **4.3.5.1.3 Principais ações a serem realizadas:**

- Diálogo com a comunidade sobre os possíveis impactos sócio-ambientais. Especialmente importante quando se tem um empreendimento de grande porte que irá acarretar mudança significativa à localidade. Devem-se respeitar a opinião deste grupo de interesse no sentido de preservar seus aspectos culturais, seu bem-estar e seu relacionamento com os futuros usuários do empreendimento. Isso está alinhado com duas premissas básicas da sustentabilidade: a justiça social e a aceitação cultural.
- Melhoria da qualidade de vida dos funcionários no empreendimento. Este grupo de interesse interage muito próximo ao empreendimento, e por isso é fundamental. A qualificação/treinamento do corpo de profissionais e adequação do local de trabalho às normas vigentes é importante para o bem-estar destes indivíduos quanto ao seu papel para a construção do empreendimento, e também para o alinhamento do seu pensamento com o “pensar sustentável” do empreendedor.
- Atendimento das necessidades dos futuros usuários. Ao conceber um empreendimento, é preciso pensar nos aspectos culturais e possíveis modos de vida dos futuros moradores. Isso é fundamental para o atendimento pleno das necessidades deste grupo e o sucesso do empreendimento. Exemplo disso é a questão do envelhecimento da população, pois em um país onde a sociedade está caminhando para um processo de envelhecimento, evidencia-se a importância do acesso facilitado desses indivíduos aos seus locais habitacionais. Permitir que o empreendimento fosse posteriormente modificado/adaptado, tanto na inclusão quanto na modificação de materiais, para atender às necessidades futuras dos seus moradores, é um relevante aspecto de sustentabilidade. Recomenda-se a utilização da NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos – como referência (ABNT, 2004).
- Diálogo com fornecedores. A procura por empresas que trabalhem a responsabilidade sócio-ambiental, políticas de qualidade e valorização de

funcionários são imprescindíveis para garantir a sustentabilidade de todos os aspectos do seu próprio empreendimento. Além disso, mostra-se importante no sentido de incentivar toda a cadeia produtiva a se adaptar aos aspectos da sustentabilidade, ou seja, produtos e serviços com baixo impacto sócio-ambiental em seu ciclo de vida.

Executando-se essas ações, espera-se que sejam estabelecidos laços de confiança com os grupos, evitando conflitos e melhorando a reputação do empreendedor no mercado. Os benefícios da existência dessa integração dos indivíduos interessados vão desde a redução ou eliminação de riscos até a percepção de oportunidades de mercado e inovação decorrente do contato com pessoas com outros pontos de vista.

Certamente, a integração dos grupos de interesse no processo de tomada de decisões poderá acarretar profundas mudanças positivas nos processos de gestão. Entretanto, a falta de engajamento na condução dessas mudanças podem se traduzir em restrições de financiamento, conflitos e paralisações, que resultarão em prejuízos para o empreendedor, e possível perda de oportunidades de mercado decorrente do isolamento em relação a importantes grupos de interesse.

#### **4.3.5.2 Gestão de água e efluentes**

Ao iniciar a concepção de um empreendimento, é importante verificar o regime de chuvas da região e a sua periodicidade. Deve-se levar em consideração se a região apresenta:

- falta de água ou enchentes;
- problemas de erosão decorrentes das chuvas;
- carência de saneamento ou abastecimento na região.

Esses dados ajudarão a alinhar as estratégias de projeto – para implantação e operação – e definir a agenda do empreendimento, resultando na seleção de

estratégias a serem utilizadas, contribuindo assim com sua sustentabilidade, alinhada à redução de custos em toda a vida útil do empreendimento. Apontamos o Banco de Dados Climáticos do Brasil (EMBRAPA) como fonte de referência para o levantamento das informações. Já para minimizar efeitos de precipitações intensas, indicamos o Relatório do Grupo de Trabalho Cheias do Rio Doce (COMITÊ BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE, 2008) como fonte de informações.

#### **4.3.5.2.1 Conceber plano de uso racional da água**

Qualquer iniciativa no sentido de se fazer o uso eficiente da água reverte-se em benefícios para a edificação ao longo de sua vida útil, especialmente na fase de ocupação, na qual ocorre o maior consumo.

O uso racional consiste no desenvolvimento de sistemas hidráulicos com consumo eficiente de água durante toda a vida útil do empreendimento, isto é:

- redução da quantidade de água extraída em fontes de suprimento;
- redução do consumo e do desperdício de água;
- aumento da eficiência do uso de água;
- aumento da reciclagem e do reuso de água.

A adoção deste princípio leva aos benefícios que vão desde a redução dos impactos sócio-ambientais e redução de custos na fase de uso e operação até a divulgação da ação com objetivos comerciais.

#### **4.3.5.3 Gestão de energia e emissões**

Conceber edificações que ofereçam conforto aos ocupantes, com baixo consumo de energia, depende do alinhamento entre variáveis climáticas, humanas e

arquitetônicas, de modo que as soluções arquitetônicas aproveitem da melhor forma possível as potencialidades climáticas locais para atenderem às necessidades humanas de conforto, reduzindo a necessidade de equipamentos e conseqüente consumo de energia para obtenção de conforto.

A concepção de projetos com alta eficiência energética pode apoiar a estratégia empresarial de oferecer produtos com diferencial de mercado. Produtos que, por possuírem menores custos de operação, serão mais valorizados pelos clientes.

#### **4.3.5.3.1 Variáveis humanas**

Um empreendimento deve oferecer conforto térmico e visual para seus usuários. Entre as variáveis humanas que as determinam está mecanismo termo regulador, vestimentas e atividades a serem executadas (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997). Existem diversas soluções passivas e artificiais para se obter níveis satisfatórios de conforto, que podem ser testados com softwares específicos. O Instituto Nacional de Meteorologia oferece tabelas para estimação de sensação térmica (INMET). O Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Edificações da UFMS (LADE) disponibiliza o software LADEweb sys - Módulo Conforto Térmico, para o mesmo fim.

#### **4.3.5.3.2 Variáveis climáticas**

O clima é a condição média das condições atmosféricas de uma determinada região em um longo período de tempo. Os elementos que influenciam variações climáticas são: proximidade da água, altitude, barreiras de montanhas e correntes oceânicas. Com relação ao clima deve-se analisar e buscar aproveitar a radiação solar, temperatura, ventos e umidade. Estes aspectos devem ser analisados sob as perspectivas do macro e micro clima (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 1997). Dados climáticos para diferentes cidades brasileiras podem ser obtidos na internet

em páginas especializadas ou com softwares que contêm essas informações em seus bancos de dados. Indicamos como referências ABNT (2003), o software Analysis Bio (ANALYSIS, 2007) e a página Caracterização Climática do Procel (PROCEL).

#### **4.3.5.3 Variáveis arquitetônicas**

Conceitos, sistemas e ferramentas, dentre as quais os arquitetos podem selecionar as alternativas que, alinhadas às características climáticas, possam oferecer conforto no empreendimento com eficiência energética. As principais variáveis são: Forma, Função, Tipos de acabamento e Sistemas de condicionamento. Deve-se buscar não apenas a otimização do consumo, como também a valorização de fonte renováveis. Recomenda-se que a concepção do empreendimento vislumbre a obtenção de nível de eficiência energética compatível com os níveis A ou B do Procel Edifica (NASCIMENTO; NICOLÓSI, 2008b). Recomendamos como referências o livro Eficiência Energética na Arquitetura (LAMBERTS, et al., 1997), consultas à página da Procel Edifica (PROCEL) e a busca de softwares no site do LABEEE (LABEEE).

#### **4.3.5.4 Gestão de materiais e resíduos sólidos**

Sob a perspectiva da sustentabilidade, materiais e resíduos devem ser tratados conjuntamente, uma vez que a correta seleção e utilização de materiais reduzem a geração de resíduos e os impactos por ela ocasionados.

Existem vários benefícios da especificação correta do sistema construtivo. Dentre eles está a redução dos custos com a gestão dos resíduos, que consiste na redução do desperdício e dos custos decorrentes da aquisição de novos materiais, redução de reclamações por parte dos clientes, devido a patologias no

empreendimento no período de garantia. Isso aumenta a satisfação de clientes e pode melhorar a imagem da empresa. Além disso, existem benefícios indiretos tanto para o empreendedor, quanto para os clientes, devido ao aumento da durabilidade do empreendimento e manutenção de seu desempenho, por exemplo. Existem ganhos até mesmo para a sociedade, com a redução da poluição causada pelo transporte, estímulo à economia local e aumento da vida útil de aterros sanitários, entre outros.

O empreendedor e sua equipe devem avaliar os sistemas construtivos a serem utilizados no empreendimento sob os seguintes aspectos:

- **Custos:** o primeiro aspecto a ser tratado é o levantamento dos custos de cada sistema construtivo. Sugere-se que sejam observados os custos não apenas durante a construção, mas também na fase de uso e operação.
- **Durabilidade:** Conceber empreendimento com vida útil mínima de 50 anos, atendendo às normas técnicas e principalmente as de desempenho, especificando produtos e sistemas com vida útil semelhante e com flexibilidade para atender a diferentes necessidades de futuros usuários e facilitar sua re-qualificação.
- **Qualidade e proximidade dos fornecedores:** Devem-se buscar fornecedores formais, que cumpram as diferentes legislações vigentes (ex: ambientais, trabalhistas), e que ofertem produtos de qualidade, isto é, em conformidade às normas técnicas, de desempenho ou programas setoriais de qualidade – PSQ/PBQP-H. Deve-se também mapear a proximidade dos fornecedores, para que a economia local seja estimulada e as emissões dos veículos transportadores minimizada.
- **Quantidade e periculosidade dos resíduos gerados:** A análise e quantificação dos resíduos são realizadas para que cálculos de perda de material, de custos com transporte e de disposição em aterro comum e especial de resíduos. Para um cálculo acertado, o empreendedor deve observar a legislação local e solicitar um mapeamento dos locais onde os

resíduos devem ser depositados. Baixa geração de resíduos implica em redução de custos e baixo impacto ambiental.

- **Modularidade:** É importante não apenas que os materiais adequados sejam selecionados, mas também que sua utilização seja planejada de modo a evitar desperdícios, com coordenação modular. Isso inclui, entre outros aspectos, dimensionar corretamente ambientes, compatibilizar previamente os projetos, componentes e sistemas construtivos.

#### **4.3.5.5 Qualidade do ambiente interno**

O empreendedor deve estabelecer como meta, para a concepção do empreendimento, a obtenção do maior conforto térmico e visual para os ocupantes com o menor consumo de energia artificial possível. Por esta razão, na fase de concepção gestão de energia e emissões e qualidade do ambiente interno são temas que devem ser tratados conjuntamente.

A referência recomendada para a adoção dessa dica é a norma de desempenho para edifícios habitacionais (ABNT, 2008a).

#### **4.3.5.6 Qualidade dos serviços**

##### **4.3.5.6.1 Implantação do sistema de gestão da qualidade**

Prever e induzir a implantação do Sistema de Gestão da Qualidade para o empreendimento, com o qual todas as empresas envolvidas devem estar em sintonia. O objetivo principal do sistema deverá visar, antes de tudo, a qualidade do produto final com foco na satisfação dos clientes, assim como nas

necessidades de todas as partes interessadas no que diz respeito ao atendimento de suas expectativas.

Seguindo os princípios de gestão da qualidade das normas da série NBRs ISO 9000/2000, a abordagem do sistema de gestão da qualidade incentiva às organizações a analisar os requisitos do cliente, definir os processos que contribuem para a obtenção de um produto que é aceitável para o cliente e manter esses processos sob controle. Um Sistema de Gestão de Qualidade pode fornecer a estrutura para melhoria contínua, com o objetivo de aumentar a probabilidade de ampliar a satisfação do cliente e de outras partes interessadas. Ele fornece confiança à organização e a seus clientes de que é capaz de fornecer produtos que atendam aos requisitos de forma consistente.

Uma abordagem para desenvolver e implementar um Sistema de Gestão da Qualidade, segundo a série de normas NBR's ISO 9000:2000, consiste em várias etapas, apresentadas a seguir:

- determinação das necessidades e expectativas dos clientes e das outras partes interessadas;
- estabelecimento da política da qualidade e dos objetivos da qualidade da organização;
- determinação dos processos e responsabilidades necessários para atingir os objetivos da qualidade;
- determinação e fornecimento dos recursos necessários para atingir os objetivos da qualidade;
- estabelecimento de métodos para medir a eficácia e a eficiência de cada processo;
- aplicação dessas medidas para determinar a eficácia e a eficiência de cada processo;
- determinação dos meios para prevenir não-conformidades e eliminar suas causas;
- estabelecimento e aplicação de um processo para melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade.

Esta abordagem é também aplicável à manutenção e melhoria de um Sistema de Gestão da Qualidade existente.

Com foco nas empresas de implantação do empreendimento, no caso o construtor, poderá ser utilizada como ferramenta o Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras (SiAC) do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat –PBQP-H. O programa, através do SiAC, direciona como um dos pontos marcantes da abordagem de processo a implementação do ciclo de Deming ou da metodologia conhecida como PDCA (do inglês Plan, Do, Check e Act):

- **Planejar:** prever as atividades (processos) necessárias para o atendimento das necessidades dos clientes e que transformam elementos de entrada em elementos de saída.
- **Executar:** executar as atividades (processos) planejadas.
- **Controlar:** medir e controlar os processos e seus resultados quanto ao atendimento às exigências feitas pelos clientes e analisar os resultados.
- **Agir:** levar adiante as ações que permitam uma melhoria permanente do desempenho dos processos (PBQP-H).

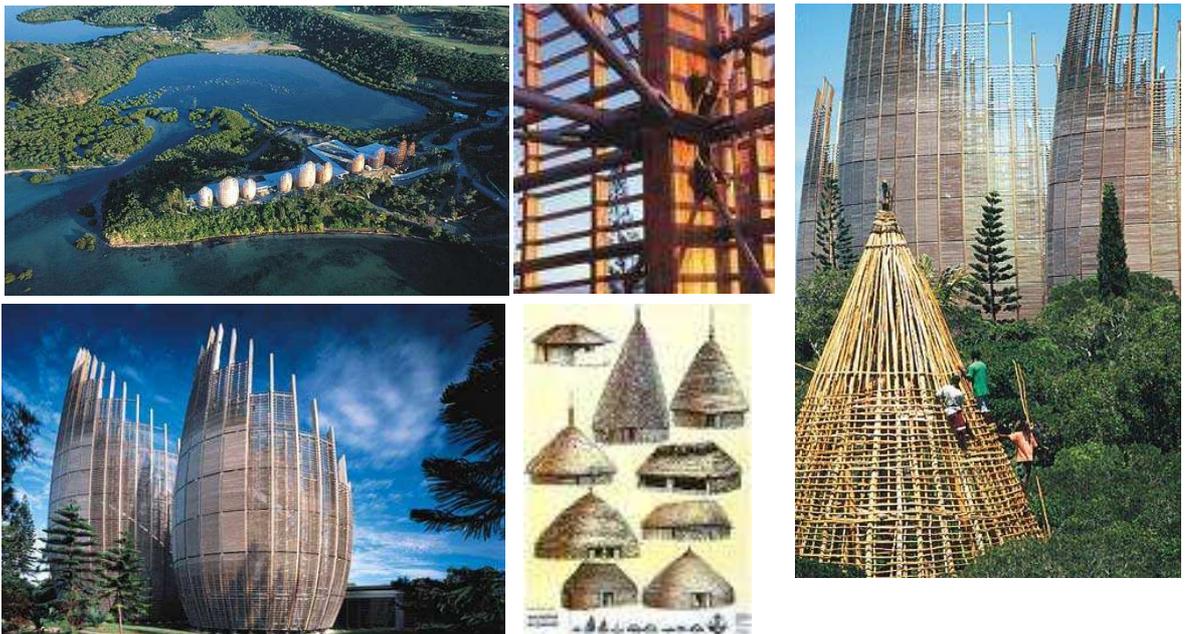
O Sistema de Gestão de Qualidade deverá também prever a melhoria contínua do desempenho, coordenação, produtividade e manutenção do patamar de competitividade alcançado.

## 5 ESTUDO DE CASOS E ANÁLISE CRÍTICA

Neste tópico serão apresentadas algumas fotos de construções sustentáveis.

A abordagem econômica sobre as edificações (quanto custou, qual foi o custo marginal caso a obra não fosse projetada de forma sustentável, qual a redução dos custos de manutenção, etc), é relevante, porém não foi fornecida pelos autores dos projetos.

Desta forma, não sendo mensuráveis de forma clara, pode-se estimar tais valores baseados nas informações obtidas no site da revista Sistemas Prediais, Edição 3 de Dez/07 que diz: “os aspectos ambientais representam entre 2% e 3% do custo total da obra”.



**FOTO 01 Centro Cultural Jean Marie Tjibaou, Nova Caledônia, 1993**

Neste trabalho o arquiteto Renzo Piano, objetivando fazer uma releitura cultural onde se predomina construções da civilização Kanak, aproveita os recursos naturais renováveis e abundantes da região, a madeira, e adapta também a construção às condições de ventos locais.

### **Análise crítica:**

Podemos claramente perceber que as dificuldades construtivas em concreto armado saltam aos olhos e já que a madeira é abundante na região optou-se pela utilização da mesma. Um ponto negativo é o alto custo de tratamento da madeira para se evitar manutenção pós-ocupação. Não podemos deixar de salientar a positividade quanto à observação de ventos locais e a preservação da cultura local.



### **FOTO 02 Menara Mesiniaga (sede dos escritórios da IBM), Malásia, 1995**

O arquiteto Ken Yeang, utiliza de princípios ecológicos integradores, onde se utiliza vegetação em complementação arquitetônica, a qual começa no térreo e ascende pela fachada, penetrando nos terraços.

Aplicou o uso adequado de brises após estudos da trajetória solar e fez uma preparação da edificação para apropriar tecnologia posteriormente.

### **Análise crítica:**

A utilização de vegetação proporciona um belo visual além de conforto térmico, porém, acarreta grande probabilidade de infiltrações.

A utilização de brises proporciona um conforto térmico com uma grande redução da utilização de energia elétrica para condicionamento interno, no entanto, há a necessidade, em algumas horas do dia, de utilização de luz artificial podendo também comprometer o visual arquitetônico.

A afirmação do arquiteto quanto à preparação para assimilação de tecnologia posterior é questionável, pois como se poderá prever qual tecnologia será a mais sustentável num futuro próximo?



**FOTO 03 Parlamento Alemão, Berlim, 1999**

O trabalho do arquiteto Norman Foster objetivou criar uma edificação bioclimática, preservar a história alemã e em demonstrar uma transparência política nacional e

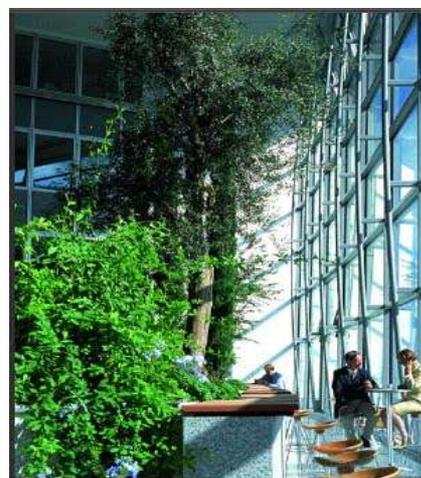
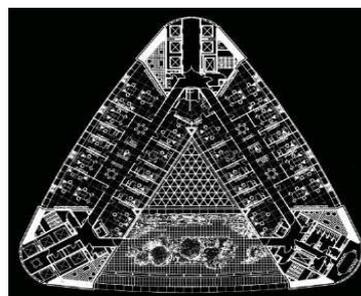
para tanto ele usou e abusou dos amplos espaços e da iluminação natural através da cúpula central em vidro e aço.

É um espaço público, o que fica caracterizado pelo amplo salão interno e em seu interior, o que poucos sabem é que abriga um sistema inovador de produção e uso de energia, fornecendo o excedente para os prédios vizinhos.

### **Análise crítica:**

A combinação de aço e vidro em amplos espaços, sem dúvida, proporciona uma visão muito bela, porém há de se preocupar com o condicionamento de ar principalmente no verão. E foi por este motivo que se optou por uma “usina” particular de produção de energia. A vantagem está em fornecer o excedente para as edificações circunvizinhas.

Desta forma a iluminação natural, excelente, exigiu um elevado consumo de energia, portanto em detrimento da iluminação natural exige-se um grande consumo energético para condicionamento de ar.



**FOTO 04** Commerzbank Headquarters, Frankfurt, Alemanha, 1997

Outra obra prima do arquiteto Norman Foster.

Neste projeto o autor explorou o condicionamento natural evitando-se assim o uso de ar condicionado. A iluminação natural também é um ponto forte deste projeto, sem esquecer, é óbvio dos espaços de socialização internos com seus famosos, surpreendentes e amplos jardins suspensos onde funcionários desfrutam seus momentos de descanso.

### **Análise crítica:**

As enormes vidraças, com certeza no verão europeu, necessitarão de algum condicionamento de ar, portanto neste período haverá um elevado consumo de energia elétrica o que não é viável.

Os jardins internos requerem uma minuciosa manutenção em sua impermeabilização para se evitar maiores danos, isto proporciona uma elevação no custo pós-ocupação.

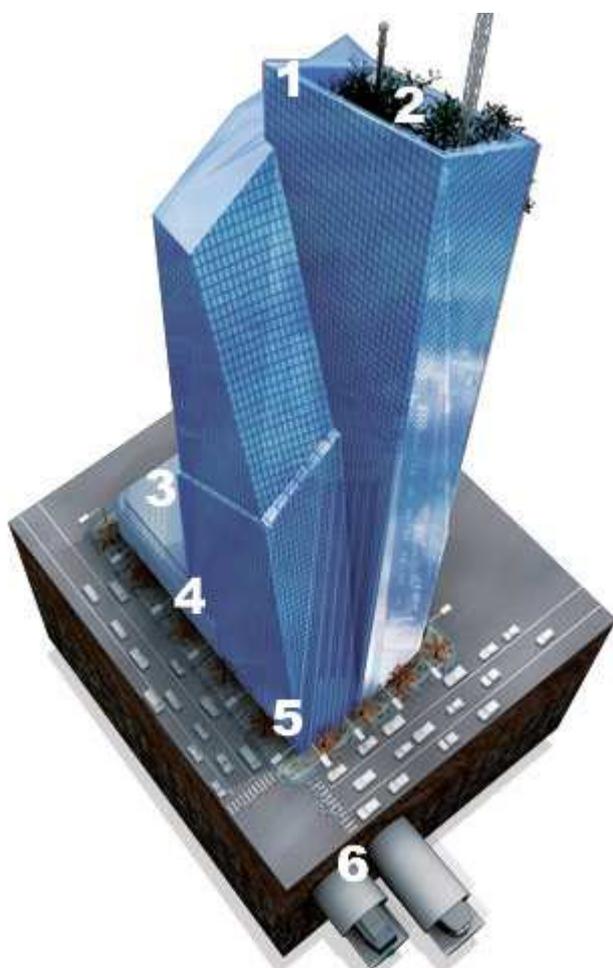


**FOTO 05** Fonte: Revista Exame - 14/02/2007

Neste trabalho o arquiteto no auge do conceito dos “Green Buildings”, ou prédios ecológicos, trabalhou fortemente a questão dos jardins suspensos, proporcionando um belo visual para aqueles preocupados com o aquecimento global.

### **Análise crítica:**

A grande quantidade de vegetação nas sacadas proporciona um visual carregado além de uma enorme probabilidade de infiltrações no interior da edificação.



**FOTO 06 Bank of America Tower (em construção)**

### **1- Reaproveitamento de água**

A água das pias, da chuva e do ar-condicionado será coletada para ser usada nas descargas dos banheiros e para irrigar o teto verde. A água capturada da chuva (95% do que cai sobre o prédio) deixa de ir para o sistema de esgoto da cidade.

### **2 - Teto verde**

Para diminuir o aquecimento em torno do prédio, o topo do edifício terá uma área coberta com plantas.

### **3 - Energia própria**

Uma usina no edifício vai gerar 70% da eletricidade a partir de gás natural, menos poluente que o carvão, usado nas termelétricas americanas.

### **4 - Materiais recicláveis**

O concreto usado no Bank of America Tower é uma mistura de cimento com 45% de um material feito com sobras de minérios.

### **5 - Tanques de gelo**

Máquinas instaladas no subsolo do prédio produzirão gelo à noite, quando a energia é mais barata, e abastecerão o ar-condicionado durante o dia.

### **6 - Transporte público**

O Bank of America Tower terá poucas garagens para carros e dará acesso a 17 linhas de metrô. Quem quiser ir pedalando para o trabalho encontrará lugares para estacionar a bicicleta e chuveiros para tomar banho.



**FOTO 07 COMO É A ARQUITETURA ECOLÓGICA DO BANK OF AMERICA**

### **1- Iluminação Natural**

O prédio tem janelas panorâmicas. O objetivo é diminuir a iluminação artificial e proporcionar um ambiente mais agradável para os funcionários. Paredes duplas de vidro ajudarão a evitar que o prédio esquente, diminuindo o trabalho do ar-condicionado.

### **2 – Ar Limpo**

O Bank of America Tower promete devolver para Nova York um ar mais limpo que o que entrou no edifício. Um sistema de filtros retirará 95% das partículas do ar. Sensores monitorarão o nível de gás carbônico nas salas e automaticamente aumentarão a quantidade de ar fresco.

### **3 – Ar Condicionado**

Os dutos serão no chão, e não no teto. O ar frio sai por orifícios no chão e sobe à medida que esquenta.

### **4 – Sistema de Luzes**

Serão usadas luzes LED, mais eficientes que as lâmpadas incandescentes. Sensores instalados nas salas acenderão as luzes apenas quando houver pessoas ou a iluminação natural diminuir.

## **Considerações**

O edifício Bank of America Tower, a ser inaugurado em fevereiro de 2008 como a sede nova-iorquina do Bank of America, foi premiado pelo Green Building Council com a classificação platina. A expectativa é de que seja o 1º do mundo na classificação LEED. Entre outros atributos, o empreendimento – que terá 288 metros e 55 andares - economizará 50% de energia em relação à Norma Americana 90.1, 50% em consumo de água potável, usa 50% de materiais de construção reciclados e obteve 50% dos materiais de construção oriundos de uma distancia inferior a 800 km do local da construção. A expectativa é de que o custo total atingirá U\$ 1,2 bilhão, que os aspectos ambientais representem entre 2% e 3% desse custo, e que a recuperação do investimento em aspectos ambientais seja conseguida com a economia de energia por eles propiciada, num período entre 2 e 4 anos.

## **Análise crítica:**

Em uma primeira vista a edificação do Bank of América, atende a todos os quesitos de uma obra ecologicamente sustentável, mas podemos nos questionar quanto ao gás natural, será uma energia viável para um longo período pós-ocupação?

Há a recuperação do investimento em tempo recorde, mas e o custo de manutenção pós-ocupação? Será viável?



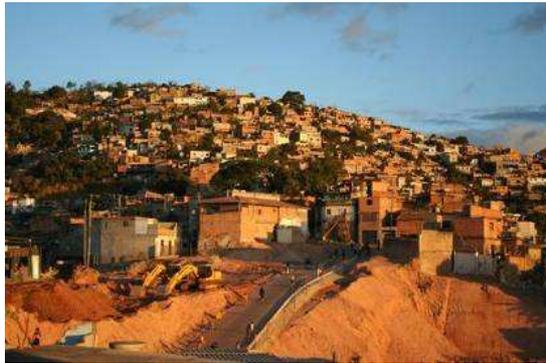
**FOTO 08    Catedral de Brasília (2002)**

A Catedral de Brasília é um marco na Arquitetura e Engenharia. Uma estrutura singular e audaz que denota o gênio de seu arquiteto, Oscar Niemeyer. Os vitrais cumprem perfeitamente seu papel: beleza e iluminação natural. O espelho d'água e o fato de o vão da nave estar abaixo do nível do terreno natural, proporcionam um ambiente climatizado sem uso de ar condicionado.

#### **Análise crítica:**

A iluminação natural é perfeita, porém houve a necessidade de intervenção (1998) para que os vitrais recebessem uma película de climatização; a qual permitiria a passagem de luz, mas não de calor. Também houve a instalação de exaustores para se melhorar a ventilação dentro do templo, pois o fato é que por estar abaixo do nível do solo a ventilação é deficitária.

O espelho d'água cumpre sua função de proporcionar um ambiente climatizado, porém há a necessidade de se fazer periódicas manutenções de impermeabilização para se evitar infiltrações no interior da nave.



**PROJETO VILA VIVA**  
**Aglomerado da Serra**  
**Belo Horizonte - MG**



**FOTO 09 Aglomerado da Serra (2008)**

Obras do porte do Projeto Vila Viva no Aglomerado da Serra em Belo Horizonte MG proporcionam uma sensível melhoria da qualidade ambiental, o resgate da cidadania de alguns dos moradores da região, além de proporcionar geração de emprego e renda. Todos esses pontos seriam suficientes para considerarmos e sem críticas este conjunto de obras como obras de construção civil sustentáveis.

#### **Análise crítica:**

É uma obra para se encher os olhos, porém não podemos nos esquecer daquelas feridas que foram abertas naqueles que ali viviam e que tiveram suas vidas alteradas. O comércio perdido devido à transferência para um conjunto habitacional; a troca de emprego porque agora se morará longe do mesmo e o patrão não fornecerá o vale-transporte, e etc., etc., etc...

## 6 CONCLUSÃO

O conceito de sustentabilidade tem sido amplamente discutido ao longo das últimas quatro décadas; isto pode ser percebido pela grande quantidade de documentos de compromissos produzidos por diversas instituições governamentais, ONG's e congressos espalhados pelo Brasil e no mundo. No entanto não é possível ainda perceber com clareza a aplicabilidade de tais ações pactuadas, na busca pelo desenvolvimento de uma construção civil sustentável. Ainda hoje é possível encontrar no meio urbano, situações notadamente não sustentáveis como: edificações sem conforto térmico/acústico necessitando de elevado consumo de energia elétrica, a degradação de grandes áreas ambientais, como os lixões, o lançamento de esgotos domésticos e industriais em cursos d'água que atravessam a cidade, para citar apenas alguns destes problemas.

Existem obviamente esforços por meio de certos setores produtivos propondo ações que buscam criar alternativas sustentáveis para solucionar os problemas urbanos, como por exemplo, os programas de reciclagem de resíduos de demolição. Estes programas seriam mais eficientes se o material a ser reciclado primasse pela qualidade; e isto implica em uma prévia separação dos resíduos no canteiro de obras, o que normalmente não acontece. A eficiência de todo o processo foi comprometida por uma falha na base do sistema. A falha é essencialmente um problema cultural, o agente (no canteiro de obras) que não visualiza todo o processo de reciclagem, nem imagina que pode contaminar uma caçamba inteira ao despejar nela lixo orgânico.

Percebe-se, portanto que os processos de engenharia de obras para se alcançar a sustentabilidade não devem ser isolados. Os processos devem envolver vários setores da sociedade, promovendo ações de educação ambiental, permitindo que todos os envolvidos tenham conhecimento da importância e abrangência de suas ações na busca pela sustentabilidade como um todo.

Por outro lado devemos sempre nos atentar para o fato de que a tecnologia, tanto de materiais como de conhecimento, estão se alterando em uma velocidade vertiginosa e para tanto devemos nos convencer de que a tecnologia hoje bastante sustentável pode ser amanhã mesmo obsoleta ou não atender os quesitos de uma construção civil sustentável.

Desta maneira, uma forma para buscar a sustentabilidade seria se identificar com o Relatório Brundtland em sua definição geral: "suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas".

Com esse olhar, o objetivo é o de se obter edificações cada vez mais sustentáveis de acordo com as questões ambientais locais e temporais, analisando questões simples como a trilogia dos 3 R's (Reuso, Reutilizar, Reciclar). E, por outro lado, buscar sempre o desenvolvimento tecnológico no intuito de se alcançar uma edificação sustentável que venha a atender as necessidades primordiais dos seres humanos visando a preservação dos recursos naturais renováveis e de baixo custo: construtivo e de manutenção pós ocupação.

E assim todas as questões que afetam a cidade, sejam de meio ambiente e/ou edificações pouco ou não sustentáveis, teriam gradativamente corrigido suas distorções, para se alcançar o equilíbrio ecológico e sustentável.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROSO-KRAUSE, CLÁUDIA e outros. **Cadernos MCidades Parcerias Eficiência Energética em Habitações de Interesse Social**. Brasília: Ministério das Cidades, 2005. 115p.

BOOKCHING, MURRAY. **O Municipalismo Libertário. O Bairro, a Comuna, A Cidade... Espaços Libertários**. São Paulo, p.11-38, 2003.

BRAGA, BENEDITO, e outros. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.

CAPRA, FRITJOF. **A Teia da Vida**. Newton Roberval Eicheberg. 8. ed. São Paulo: Editora Cultrix, 2003. 256 p.

FÉLIX, UBIRATAN. **Cidades sustentáveis e a Engenharia Urbano-Industrial**. 61ª SOEAA **Semana Oficial da Engenharia, Arquitetura e da Agronomia**. São Luís, p. 59-69, Nov. / Dez. 2004.

CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia de Sustentabilidade na Construção**. Belo Horizonte: FIEMG, 2008. 60p.

BANCO DO BRASIL, Universidade Corporativa. **Notas de apostila Banco do Brasil e a Sustentabilidade** Curso ministrado na GEPES BH em junho de 2006.

SANTOS, LILIAN LUCCHESI DOS. **Proposta para um Conjunto Residencial Popular Sustentável**, UFMG, 2007.

MOTTA, SILVIO ROMERO FONSECA. **Notas de aula de Sustentabilidade das Construções**, UFMG, 2º semestre de 2008.

SANTOS, IARA GONÇALVES DOS. **Notas de aula de Sustentabilidade das Construções**, UFMG, 2º semestre de 2008.

FERREIRA, DANIELE GOMES. **Notas de aula de Sustentabilidade das Construções**, UFMG, 2º semestre de 2008.

AGUILAR, TERESA PAULINO DE. **Notas de aula de Sustentabilidade das Construções**, UFMG, 2º semestre de 2008.

BARROSO-KRAUSE, CLÁUDIA **Palestra sobre Conforto Higrotérmico e Concepção Arquitetônica**, CREA - MG, 14/12/2008.

### **Endereços Eletrônicos na Internet**

Declaração de Estocolmo, disponível em:

[www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/arquivos/estocolmo.doc](http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/arquivos/estocolmo.doc) (acesso em 08/12/2008)

Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – ECO 92, disponível em:

[www.unb.br/temas/desenvolvimento\\_sust/eco\\_92.php](http://www.unb.br/temas/desenvolvimento_sust/eco_92.php) (acesso em 12/12/2008)

Clube de Roma, disponível em:

[www.clubofrome.org/archive/publications.php](http://www.clubofrome.org/archive/publications.php) (acesso em 08/12/2008)

Relatório Brundtland, disponível em:

[pt.wikipedia.org/wiki/Relatório\\_Brundtland](http://pt.wikipedia.org/wiki/Relatório_Brundtland) (acesso em 10/12/2008)

Agenda 21, disponível em:

[www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./gestao/index.html&conteudo=./gestao/artigos/agenda21](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./gestao/index.html&conteudo=./gestao/artigos/agenda21) (acesso em 09/12/2008)

Resoluções 264 e 307 CONAMA, disponível em:  
[www.lei.adv.br/conama.htm](http://www.lei.adv.br/conama.htm) (acesso em 04/01/2009)

Itens diversos, disponível em:  
[www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/comunicacao/guiasustentabilidade.pdf](http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/comunicacao/guiasustentabilidade.pdf)  
(arquivo baixado em 10/10/2008)

Arquitetura Sustentável, disponível em:  
[www.forumdaconstrucao.com.br/](http://www.forumdaconstrucao.com.br/) (acesso em 19/12/2008)

O maior prédio verde do mundo, disponível em:  
[www.nteditorial.com.br/revista/Materias/index.asp?RevistaID1=7&Edicao=54&id=412&TopicoID=480](http://www.nteditorial.com.br/revista/Materias/index.asp?RevistaID1=7&Edicao=54&id=412&TopicoID=480) (acesso em 23/01/2009)