

UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS

INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS

NELSON JÚLIO ALMEIDA DA COSTA

**DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL E RECICLAGEM NA
CONSTRUÇÃO CIVIL.**

Juiz de Fora - MG

Julho 2004

M 52

2004

Meio ambiente

NELSON JÚLIO ALMEIDA DA COSTA

**DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL E RECICLAGEM NA
CONSTRUÇÃO CIVIL.**

Monografia de conclusão de curso apresentada
ao Curso de Tecnologia em Meio Ambiente do
Instituto de Estudos Tecnológicos da
Universidade Presidente Antônio Carlos como
requisito parcial à obtenção do título de
Tecnólogo em Meio Ambiente.

Orientador: Professor José Fernando Miranda

Juiz de Fora – MG

Julho 2004

Biblioteca



M A O 1 4 7
Alto dos Passos

Em cada consciência há uma mera
coincidência para adquirir experiência.
Agradeço aqueles que compartilharam e
acreditaram em um trabalho realizado.

RESUMO

Esta monografia dispõe sobre o desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil, partindo do conceito de desenvolvimento sustentável e de suas decorrências para a construção civil.

A reciclagem é uma das condições para atingir o desenvolvimento sustentável que vem se consolidando como prática importante, nos setores produtivos, principalmente, o da construção civil, seja atenuando o impacto ambiental gerado pelo setor ou reduzindo os custos. Embora o processo de Pesquisa e Desenvolvimento P&D de novos materiais reciclados precisa ser feito de forma cautelosa e criteriosa para garantir o sucesso dos mesmos no mercado.

Com a intensa industrialização, advento de novas tecnologias, crescimento populacional, aumento de pessoas em centros urbanos, diversificação do consumo de bens e serviços, os resíduos oriundos da construção civil se transformaram em graves problemas urbanos com um gerenciamento oneroso e complexo, considerando seu volume e massa acumulada.

O fato de muitos países se darem conta de que os métodos organizacionais e produtivos, na construção civil, precisam mudar, acontece não só devido ao elevado desperdício de tempo e materiais e seus conseqüentes e indesejados impactos nos custos finais, mas também porque as áreas urbanas destinadas à deposição de resíduos estão se tornando cada vez mais escassas.

Os edifícios alteram significativamente o meio-ambiente, seja na etapa de construção, manutenção ou de uso.

Edifícios são produtos com longa vida útil; a fase de uso e as atividades de manutenção são, conseqüentemente, responsáveis por parcela significativa do impacto total. A iluminação, o condicionamento ambiental e a operação do edifício também consomem energia, em quantidade diretamente relacionada a decisões de projeto e à eficiência dos equipamentos utilizados. Gera-se esgoto a ser tratado e liberam-se substâncias que, além de prejudicarem a saúde e a produtividade dos usuários, criam dificuldades de gestão urbana e danos ambientais que podem ser irreversíveis. Finalizada a vida útil do edifício, caso não seja possível desmontá-lo e reutilizar suas partes, a demolição gerará uma quantidade considerável de entulho.

Estes dados provavelmente tornam a indústria da construção a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente. Pesquisas visando reduzir os impactos ambientais de edifícios receberam investimento crescente ao longo da última década. A definição de estratégias para minimização do uso de recursos não renováveis, economia de energia e redução de resíduos de construção, em especial, foi amplamente estimulada por agências governamentais, instituições de pesquisa e pelo setor privado de diversos países. Esforços crescentes estão sendo despendidos para desenvolver metodologias para avaliação do desempenho ambiental de edifícios e dos materiais utilizados já na etapa de projeto. Todas estas iniciativas demonstram que está havendo, e intensificando-se, uma mobilização da construção civil.

SUMÁRIO

CAPTULO 1	
1- Introdução.	01
CAPTULO 2	
2-Desenvolvimento Sustentável.	03
2.1- Paradigma do Desenvolvimento Sustentável.	03
2.2- Controle e Regulamentação Ambiental.	05
2.3- Novo Paradigma.	09
2.4- Aquecimento Global.	11
2.4.1- Consumo de Energia.	12
2.4.2 - Consumo de Energia na Construção Civil.	14
2.4.3 -Camada De Ozônio.	16
2.4.4 - Poluição Ambiental.	17
2.4.5 - Poluição do Ar do Interior dos Edifícios.	18
2.4.6 - Poluição do Ar e Chuva Ácida.	20
2.4.7 - Consumo de Matérias-Primas Não Renováveis.	20
2.5 - Geração de Resíduos.	21
2.6 - Exclusão Social.	23
2.7 - Impacto Ambiental da Cadeia Produtiva da Construção Civil.	24
2. 8 - Consumo de Recursos Naturais.	25
2. 10 - Perdas e Desperdícios na Construção Civil.	31
2.11 - Conclusão.	33
CAPTULO 3	
3 . Reciclagem, Construção Civil e Desenvolvimento Sustentável.	34
3.1 - Classificação de Resíduos.	34
3.2 -Vantagens Potenciais da Reciclagem.	38
3.3 - Políticas de Incentivo à Reciclagem.	42
3.4 - A Reciclagem de Resíduos no Brasil.	43
3.5 - Reciclagem na Cadeia Produtiva da Construção Civil.	46
3.6 - Barreiras da Reciclagem na Construção Civil.	50
3.7 - Conclusão.	53
4 - Bibliografia.	54

SUMÁRIO

FIGURAS

- Figura 2-1 - Modelo de produção linear (a partir de CURWELL; COOPER,1998 e CRAVEN et al., 1996)** 05
- Figura 2-2 – Ciclo de produção Fechado (adaptado a partir de CURWELL; COOPER,1998; CRAVEN et al, 1996).** 11
- Figura 2-3 – Composição média dos entulhos depositados no aterro de Ipinga, São Paulo (BRITO FILHO, 1999).** 31

TABELAS

- Tabela 2-1 – Potencial brasileiro em energias renováveis (Tolmasquim, 2003)** 14
- Tabela 2-2- Consumo de energia estimado para a produção de diferentes materiais de construção (COLE; ROUSSEAU, 1992) MJ /ton.** 15
- Tabela 2-3 - Estimativa da geração de resíduos da construção civil em diferentes países.** 29
- Tabela 2-4 - Perdas de alguns materiais de construção civil em canteiros brasileiros (%).** 33
- Tabela 3-1 Redução do impacto ambiental (em %) da reciclagem de resíduos na produção em alguns materiais de construção civil, exceto transporte.** 40
- Tabela 3-2 Número de estabelecimentos que produzem diversos tipos de materiais. A maioria dos dados é oriundo do censo dos EUA de 1987.** 48

CAPITULO 1

1. INTRODUÇÃO

O avanço acelerado das características urbana e industrial da sociedade moderna tem agravado os impactos ambientais. A reciclagem de resíduos na construção civil a partir do conceito de desenvolvimento sustentável, através do desenvolvimento de novos produtos que contenham resíduos capazes de competir no mercado e contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Certamente a discussão da sustentabilidade do modelo de desenvolvimento criado pela humanidade é uma das principais discussões nos últimos anos. Ela é resultado de uma longa evolução da percepção de que a ação da raça humana tem causado transformações não previstas na natureza. Temas como aquecimento global, buraco na camada de ozônio, sobre os quais a ciência vem reunindo considerável quantidade de evidências, são exemplos destas conseqüências. Sendo o homem parte da natureza, estas transformações necessariamente afetam a sua qualidade de vida e, talvez, a sobrevivência da espécie. Nenhuma das outras discussões em andamento, como Internet, tem potencial para afetar tão profundamente a vida em geral e a engenharia civil em particular quanto a sustentabilidade.

O modelo de desenvolvimento sustentável, pode adicionar uma nova dimensão para a reciclagem. A demonstração da importância potencial da reciclagem, a discussão dos limites de sua contribuição para o desenvolvimento sustentável, das condições que a reciclagem precisa atender para colaborar no desenvolvimento sustentável e do papel da construção civil.

Com o lançamento pelo governo Federal em 1999 do PBR (Programa Brasileiro de reciclagem) previa iniciarem políticas consistentes para promover um aproveitamento ambientalmente correto destes resíduos.

O desenvolvimento de técnicas de reciclagem que combinem desempenho técnico com proteção ao meio ambiente é tarefa complexa. Do ponto de vista da engenharia ela exige a integração de conceitos relativamente novos como análise do ciclo de vida, estudo da durabilidade em longo prazo, análise de risco de contaminação ambiental por ensaios de lixiviação e aplicação de ciências a materiais novos e de complexidade inaudita.

No que diz respeito as pesquisas de reciclagem de resíduos na construção tem apresentado crescimento significativo nos últimos anos. Órgãos internacionais como a OECD, Comunidade Européia e Banco Mundial tem desenvolvido estudos prospectivos e elaborado propostas concretas visando incentivar a reciclagem.

A liderança da pesquisa sobre reciclagem esta na Europa, muito provavelmente na Holanda. Neste país as atividades de pesquisa e desenvolvimento na área de reciclagem romperam as barreiras das universidades, como a Delft University of Technology e a Rutgers university, e institutos de pesquisa como o TNO, tendo se convertido em negócio para significativo número de empresas privadas, que executam atividades de pesquisa e desenvolvimento, sendo responsáveis por grande número de publicações. Os países da Escandinávia, Alemanha, França, Inglaterra e Japão, este último especialmente na área de desenvolvimento de tecnologias de processo, também merecem destaque.

No Brasil a primeira atividade do grupo de resíduos da ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – que congrega os pesquisadores da área. Os grupos de pesquisas mais ativos de materiais são o do PCC USP, NORIE-UFRGS, NPC-UFSC, UFSM e CENTEC-RS. No instituto Brasileiro de Concreto (IBRACON) o grupo de trabalho de Meio Ambiente tem concentrado suas atenções em reciclagem. Parte significativa da pesquisa nacional tem sido promovida a partir de edital do Programa Habitare de financiamento à pesquisa na área de habitação, coordenado pela FINEP que possui linha de financiamento específica para área de reciclagem.

Os resíduos da construção civil – RCD tem sua gestão disciplinada a partir de 2002, com a publicação da redução Conama 307 de 05/07/2002 (Conama 2002).

A reciclagem dos resíduos sólidos da Construção Civil é uma das várias maneiras de se ampliar a sustentabilidade econômica já que a geração destes é inevitável, mesmo sendo passível de redução. A preservação de recursos naturais, redução do consumo de energia e da poluição, geração de empregos dentre outros fatores são vantagens da reciclagem dos resíduos para a sociedade.

CAPITULO 2

2 . DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

2.1 PARADGMA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

As atividades humanas tem sido orientadas cada vez mais pelo paradigma do desenvolvimento sustentável. A aplicação deste conceito na Construção Civil

exige profundas modificações no seu modo de produção, desde operários, passando por projetistas, gerenciadores e até os pesquisadores ou fabricantes de materiais tem de repensar os processos para que os impactos ambientais sejam reduzidos, seja por extração da matéria-prima, uso de energia ou pela geração de resíduos.

Na origem da sociedade industrial, o desenvolvimento econômico significou a transformação da natureza de maneira a melhorar a qualidade de vida da parcela da população beneficiada. Dentro desta sociedade a função da construção civil é a transformação do ambiente natural no ambiente construído, adequado ao desenvolvimento das mais diversas atividades. Esta sociedade é orientada pelo paradigma “desbravador” (JOHN, 2000; LIDDLE,1994), segundo o qual existe uma contraposição entre o meio ambiente e o desenvolvimento. A defesa do meio ambiente é vista como antidesenvolvimentista. Esta cultura desbravadora esta associada a um modelo de produção MODELO LINEAR (JOHN, 2000; CURWELL COOPER, 1998): bens são concebidos, projetados, construídos, utilizados e, após sua vida útil, são acumulados no meio ambiente – ar, água, ou depósitos de lixo, juntamente com resíduos do processo de produção. Isso é valido tanto para bens de consumo não duráveis e produtos descartáveis, quanto para edifícios e estradas. A lógica implícita nesta cultura industrial é que a quantidade de recursos naturais disponíveis em termos práticos é infinita e que a natureza é capaz de absorver ilimitadas quantidades de resíduos (JOHN, 2000; LIDDLE,1994). A figura 2-1 resume graficamente este modelo. Neste paradigma a preservação do ambiente esteve associada à criação de reservas de proteção, limitação da caça,

comercio, como estabelecidos na Convenção para a Preservação da Fauna e Flora em seu Estado Natural.

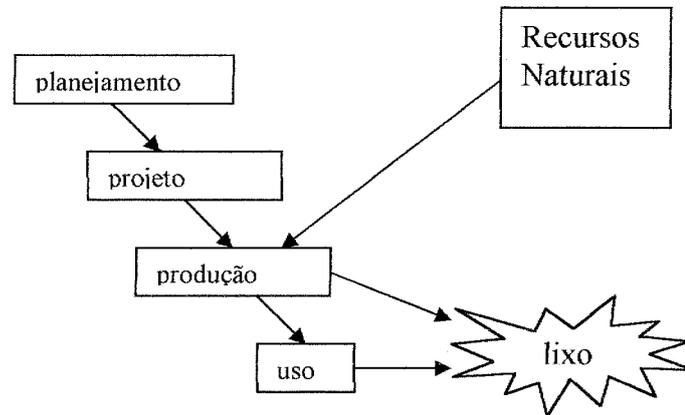


Figura 2-1 Modelo de produção linear (a partir de CURWELL; COOPER, 1998 e CRAVEN et al., 1996)

Outro paradigma que LIDDLE chama PARADIGMA ECOLOGICO, a natureza é vista como tendo valor em si e estabelecem-se limites para a poluição gerada no processo de produção. A preservação ambiental é vista, principalmente, como a proteção do meio ambiente (flora e fauna) natural. O desenvolvimento ainda é visto em grandes medida como algo contraditório a preservação ambiental (JOHN, 2000; LIDDLE, 1994), o que poderia se chamar de um mal necessário.

2.2 – CONTROLE E REGULAMENTAÇÃO AMBIENTAL.

A consolidação deste paradigma na sociedade levou a uma crescente regulamentação ambiental visando o controle de poluição e a ações mais amplas de proteção da natureza. A preocupação com deposição de resíduos, industriais ou de pós-consumo concentra-se principalmente no

desenvolvimento de técnicas de deposição adequadas e de remediação de locais e cursos de água contaminada por poluentes. Trata-se de uma visão de melhoria da qualidade ambiental como resultado do controle. Fundamentalmente a forma de produção linear não é questionada. Praticamente todos os processos industriais são considerados aceitáveis, desde que os índices de poluição estejam dentro dos limites estabelecidos. Estes limites levaram ao surgimento da engenharia end-of-pipe (JOHN, 2000; LINDSEY; CAMPBELL, 1991), especializadas no tratamento dos resíduos.

As atividades de canteiro da construção civil não sofrem controle, exceto no que toca ao ruído. O resíduo de construção civil é considerado inerte por uma exceção ao procedimento geral da norma brasileira de resíduo, NBR 10004. Assim, para a construção civil, esta nova forma de ver o mundo significou oportunidades de negócios como a construção de aterros sanitários e estações de tratamento (JOHN; 2000; LIDDLE, 1994). O início da preocupação ambiental como resultado das atividades de construção civil, foi resultado da crise de energia da década de 1970, que levou os países de clima frio a regulamentar as tecnologias construtivas de forma a permitir uma redução no consumo energético na fase de uso dos edifícios (JOHN, 2000; KILBERT, 1994).

No entanto, o crescimento da economia mundial, cujo tamanho quintuplicou entre 1950 e 1999, aliado ao crescimento da população, que passou de pouco mais de 2,5 bilhões em 1950 para quase 6 bilhões em 1999 (UNEP, 1999) e aos avanços na compreensão científica do funcionamento do planeta, tornaram

evidente a não sustentabilidade do modelo linear de produção e do paradigma ecológico.

A Conferência sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente da Nações Unidas (Rio 92) consolida através da AGENDA 21 a visão de que desenvolvimento sustentável não apenas demanda a preservação dos recursos naturais de maneira a garantir para as gerações futuras iguais condições de desenvolvimento – a igualdade entre as gerações – mas também uma maior equidade no acesso aos benefícios do desenvolvimento – a igualdade intrageração (ONU,1992).

Assim, desenvolvimento sustentável pode ser definido como aquele que “permite atender às necessidades básicas de toda a população e garante a todos a oportunidade de satisfazer suas aspirações para uma vida melhor sem, no entanto, comprometer a habilidade da gerações futuras atenderem sua próprias necessidades” (JONH, 2000; CHEN;CHAMBERS,1999).

O que o conceito significa em termos práticos é assunto polêmico por diversas razões. Em primeiro lugar, existe uma contradição semântica: sustentável implica em algo que possa ser mantido indefinidamente; o que contradiz o conceito de desenvolvimento, que implica em transformação (JONH, 2000; HILL et al, 1994), especialmente quanto transformamos recursos não renováveis (JONH, 2000; HILL; BOWEN,1997). Deve-se observar, no entanto, que esta contradição não pode ser considerada absoluta, uma vez que transformações também são inerentes ao mundo natural, como demonstram os ciclos climáticos como as eras glaciais e a evolução das espécies. Estas transformações naturais podem ser mais lentas que as reais necessidades das

gerações futuras, embora possamos assumir que necessitarão de recursos naturais em geral.

Independente de seu significado preciso ou de sua exequibilidade total, o paradigma de desenvolvimento sustentável certamente vai implicar na produção de uma maior quantidade de bens com uma menor quantidade de recursos naturais e menor poluição. Algumas formulações como produzir o dobro de benefícios sociais utilizando metade de materiais e energia tem sido propostas, mas constituem-se provavelmente em bom modo de propaganda (JONH, 2000; JANSSEM, VAN DER BERG, 1999).

Do ponto de vista físico, o desenvolvimento sustentável vai exigir a “desvinculação” entre o desenvolvimento (ou crescimento) e a geração de impactos ambientais (JONH, 2000; JANSSEM, VAN DER BERG, 1999). São condições para desenvolvimento sustentável, apesar do crescimento econômico estar baseado atualmente, no que se poderia chamar de produção virtual, no setor de serviços o seu produto só é útil na medida que exista quantidade mínima de bens materiais, como estrada, alimentos, transporte, habilitações e escritórios. Ou seja, a área de serviços pode ser a mais importante da economia, mas por si, ela nunca será suficiente. Esta desvinculação entre a geração de riquezas e a produção de bens materiais deve incluir simultaneamente várias ações. A “desmaterialização” da produção, ou seja, redução do consumo de materiais e matérias primas naturais para a produção de um mesmo bem. Este objetivo pode ser atingido pela redução e reciclagem dos resíduos, aperfeiçoamentos dos projetos, substituição dos materiais tradicionais por outros mais eficientes e até pelo aumento da durabilidade dos

produtos (JONH, 2000; BROWN et al, 1998). Além desta ação, são também condições para o desenvolvimento sustentável redução do consumo de energia, especialmente a produzida pela queima de combustíveis não renováveis e a redução global da poluição gerada, incluindo resíduos. Tudo isto combinado a uma distribuição mais igualitária dos benefícios do desenvolvimento.

A meta de desenvolvimento sustentável exigirá ações coordenadas tanto no nível macro (global, regional, nacional, local, setores empresariais), como no nível micro (empresas e consumidores individuais). Ela certamente implica não apenas em mudanças tecnológicas, mas também nas formas de relação entre nações e na cultura, pois os padrões de consumo certamente deveram mudar. Por esta razão, a necessidade de ampla participação social no processo, aliada a educação ambiental foi enfatizada na Agenda 21 (ONU,1992).

As empresas como Belgo Mineira, U&M Construções, Votorantim são exemplos da participação e interesse no equilíbrio entre a evolução tecnológica e sustentabilidade.

2.3 – NOVO PARADIGMA.

A implantação deste novo paradigma de produção está propiciando o desenvolvimento de várias ferramentas de ação. A construção de indicadores de sustentabilidade a nível local, regional, nacional e global (OECD, 1993) Como emissões totais do CO₂, é fundamental. Conceitos como o da “análise do ciclo de vida” (ACV), estudos do fluxo de materiais, análises de “metabolismo industrial”, análise imput-output entre outros (JOHN, 2000; ALLEN; ROSSELOT,1994; LEACH et al,1997; HENDRICKSON; HARVOARTH, 2000) estão ganhando popularidade. Estas ferramentas são em

última instância uma análise sistêmica dos processos e seus impactos ambientais (JOHN, 1999; LEACH et al, 1997).

Assim, os desafios desta nova visão de desenvolvimento são, simultaneamente, o crescimento econômico, com preservação da natureza e justiça social. Este novo paradigma questiona padrões de produção e consumo. Conseqüentemente o modelo de linear de produção deve ser substituído por um modelo mais eficiente no aproveitamento dos recursos investidos. Este modelo é definido como de ciclo fechado (CURWELL; COOPER, 1998). Neste modelo a utilização de todos os recursos empregados é otimizada e a geração de resíduos reduzida a um mínimo reciclável. A figura 2-3 apresenta uma adaptação do modelo de ciclo fechado ao caso da construção civil. Neste novo modelo os produtos, além de apresentarem desempenho ambiental adequado durante a sua vida útil, não são mais projetados para serem destinados a aterros ao final de suas vidas úteis. Eles deverão ser projetados e construídos de forma a facilitar operações de reabilitação ou reformas, e até mesmo desmontagem com reutilização dos componentes em outros produtos. Somente quando estas não forem mais possíveis, após a desmontagem os componentes serão destinados a operações de reciclagem, minimizando a deposição em aterros e o consumo de recursos naturais. O processo vai exigir uma ampliação da vida útil dos componentes, já que estão previstas varias reutilizações. Embora possa parecer surpreendente, esta abordagem já esta sendo empregada pelas grandes indústrias como Xerox (CURWELL; COOPER,1998)

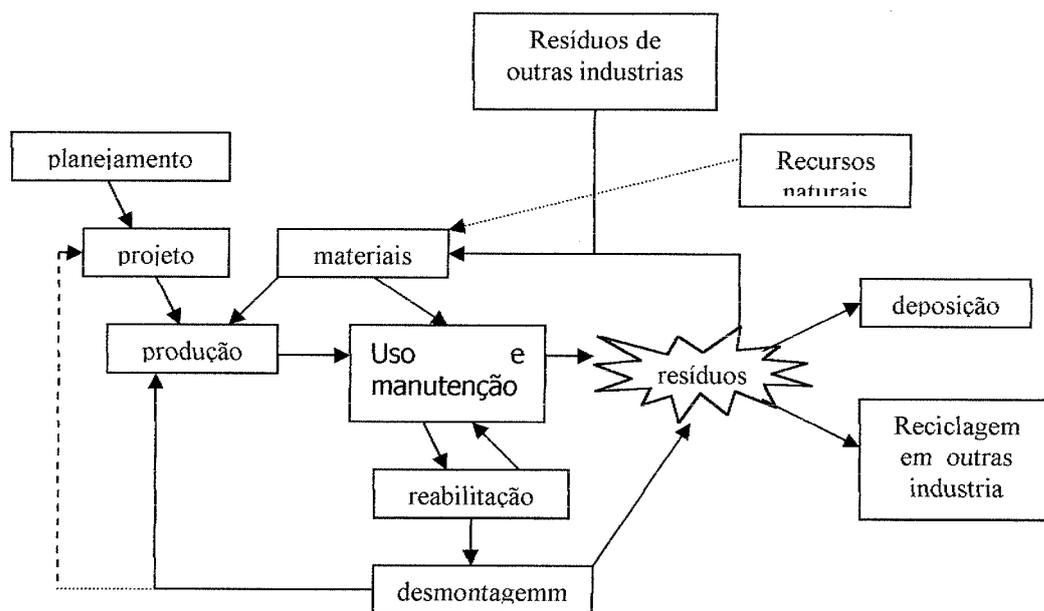


Figura 2-2 – Ciclo de produção Fechado (adaptado a partir de CURWELL; COOPER, 1998; CRAVEN et al, 1996).

2.4 - AQUECIMENTO GLOBAL

Suavizar os efeitos que desenham um futuro do planeta marcado por mudanças climáticas devido às atividades humanas, é o objetivo do que tem se chamado de medidas mitigadoras do clima. A busca é a de restabelecer as concentrações dos gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera, mensurados em 1990. Para alcançar essa meta, são focalizados dois aspectos: a redução das emissões e o aumento de captura dos GEE. A obtenção de recursos para a implementação das medidas mitigadoras, está, em grande medida, vinculada à aprovação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Esse mecanismo cria a possibilidade de países desenvolvidos patrocinarem projetos de redução e captura dos GEE em países em desenvolvimento, cumprindo assim parte de seus compromissos. O Aquecimento global, também conhecido como efeito estufa, é um fenômeno ocasionado pela concentração de gases como dióxido de

carbono, óxido nitroso, metano e os clorofluorcarbono – estes últimos resíduos de produtos industrializados – na atmosfera, absorvendo radiação infravermelha na atmosfera (UNEP, 1999b). o CO₂ é considerado o principal gás do efeito estufa, a produção do CO₂ e o crescimento da sua concentração na atmosfera, é produto principalmente da queima de combustíveis fósseis, vem crescendo de forma exponencial, aliada com a redução da área de florestas. Dados do Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC, 2000) mostram que atualmente são gerados cerca de 7 bilhões de toneladas de CO₂ pro ano (figura 2-2). A concentração de CO₂ na atmosfera vem crescendo exponencialmente, sendo que estudos de gás aprisionado em geleiras indicam que por volta de 1800 a concentração era de aproximadamente 280 ppm e que atualmente em Mauna Loa (Havaí) a concentração encontra-se acima de 350 ppm. O que é mais significativo é que mais da metade deste crescimento ocorreu nos últimos 40 anos.

Embora não exista consenso sobre a gravidade das conseqüências do efeito estufa, existem poucas dúvidas de que ele esteja ocorrendo. Dentre os prováveis efeitos do aquecimento global dois tem interesse mais próximo da construção civil: a dissolução da calota polar que levará ao aumento do nível dos oceanos, e o aumento da velocidade máxima dos ventos (JOHN, 2000; HAYASHI,2000).

2.4.1- CONSUMO DE ENERGIA.

A proteção ao clima depende da consciência cidadã de que é possível mudar o destino do planeta. A população precisa estar informada sobre o impacto de pequenas atitudes, usar bicicleta ou automóvel para os deslocamentos

cotidianos; ou racionalizar o uso de energia, escolhendo entre um chuveiro elétrico ou outro baseado no aquecimento solar o melhor instrumento para isso é a educação ambiental para um consumo sustentável e responsável. Porém cabe ao governo o incentivo à elaboração de projetos para a construção civil que incorporem e incentivem estas propostas de mecanismos de geração de energia limpa nos prédios públicos, condomínios e casa populares, bem como reduzir os custos de implementação e manutenção de sistemas de aquecimento solar. O efeito do consumo de energia no aquecimento global é um dos mais importantes para as políticas de redução do consumo de energia (IEA,1999), devido a utilização de termoeletricas como principal fonte geradora de energia. Segundo dados do WRI (1999), em 1995 62% de energia elétrica mundial era gerada por usinas termoeletricas. No Brasil, a energia elétrica é obtida em sua grande maioria através de tecnologia hidroelétrica, portanto sem a geração imediata de CO₂. No entanto, este tipo de tecnologia gera outros tipos de impacto ambiental como a transformação de grandes regiões de florestas em lagos artificiais, influenciando no ciclo global do carbono.

Os cientistas são unânimes ao falarem que o Brasil já dispõe há muito tempo de potencial, conhecimento e tecnologia para fazer uso das energias renováveis. O uso associado da energia proveniente dos ventos, das pequenas centrais hidrelétricas e do bagaço de cana seria uma opção vantajosa para o Brasil. É interessante saber que os ventos sopram mais intensamente no período de seca, assim como a safra de cana-de-açúcar se dá na seca, exatamente nos períodos que os reservatórios estão baixos. Nós temos três fontes que se complementam. As fontes de energia renováveis são mais caras e

pouco competitivas, e informa que atualmente existe uma lei que determina que no prazo de dois anos sejam instalados mecanismos de geração de energia eólica, do bagaço de cana e pequenas centrais hidrelétricas. Porém, não basta existir a lei, é preciso que se viabilize a implementação, tornando-a realidade. O importante é que a implementação seja acompanhada por uma política científica e tecnológica que incentive e viabilize a produção dos equipamentos no País. (Tolmasquim, 2003).

Tabela 2.1 - Potencial brasileiro em energias renováveis (Tolmasquim, 2003)

Eólica	Pequenas Centrais Hidrelétricas	Bagaço da Cana
140.000 MW equivalente a cerca de 12 Itaipus	7.000MW	5.000 MW equivalente a cerca de três usinas de Angra 3

Dados aproximados cedidos por Maurício Tolmasquim, da UFRJ

2.4.2 - CONSUMO DE ENERGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

O macro-complexo da construção civil e os seus produtos, particularmente os edifícios, consomem grandes quantidades de energia, desde a construção até, e principalmente, na sua fase de uso.

A produção de materiais consome considerável quantidade de energia, especialmente quando se leva em conta o volume de produção. Poucos dados estão disponíveis no Brasil e os apresentados na Tabela 2-1 são referentes ao mercados dos EUA.

Outros fatores importantes que vão influenciar na energia incorporada nos materiais é a distância e o meio de transporte. Na Inglaterra, o consumo de

energia associado À produção e transporte de materiais de construção civil é de cerca de 10% do consumo total de energia.

Tabela 2-2 Consumo de energia estimado para a produção de diferentes materiais de construção (COLE; ROUSSEAU, 1992) MJ /ton.

Produto	Min	Max
Cimento via seca 1	1,2	2
Cimento via unida 1	4,9	7,4
Madeira Natural	4	7
Compensado	18	
Tijolo Cerâmico	2,8	5,8
Gesso	1,4	7,4
Vidro plano	10,2	21,6
Tintas Látex (base seca)	76,0	77,7
Poliestireno	105,0	122,8
Aço	25,7	39,0
Alumínio	145,0	261,7

I Os consumos energéticos da indústria cimenteira Brasileira são muito inferiores, seja pela superior eficiência energética do processo, seja elevado índice de reciclagem.

O simples conteúdo de energia por unidade de massa dos materiais não constitui em si um indicador do seu impacto ambiental, porque existe significativa diferença de eficiência entre os diferentes materiais para uma mesma função. Assim, o importante é a quantidade de energia ou material necessária para cumprir determinada função. Outro aspecto que também deve ser considerado é que diferentes materiais vão apresentar diferentes

durabilidades (ou vidas úteis) em ambientes diferentes. Desta forma, uma durabilidade elevada pode compensar um elevado consumo de energia e vice-versa.

O consumo de energia durante a fase de uso das edificações, em iluminação, operação de equipamentos e condicionamento ambiental pode ser até mais importantes que o consumo da fase de construção. Na Inglaterra, os edifícios consomem entre 40% a 50% da energia utilizada no país, sendo que metade deste valor é usado em habitações (DETR, 1998b). No Brasil o PROCEL (ELETROBRÁS, 1998) estima que as edificações são responsáveis por 42% do consumo de energia elétrica, sendo que cerca de 17% destina-se à iluminação, incluindo a pública.

Mesmo em habitações populares o custo da energia durante a vida útil de 50 anos pode ser maior que o preço pago pela unidade habitacional (excluindo o terreno). Admitindo-se um consumo mensal de R\$20 de energia elétrica, o total gasto em 50 anos é de R\$ 12.000 superior ao preço médio das habitações populares. Em edifícios comerciais, especialmente aqueles com ar condicionado central, a simples adoção de equipamentos mais eficientes combinada com projeto adequado da fachada pode resultar em reduções no consumo de energia de até 50% (ELETROBRÁS, 1998).

2.4.3 -CAMADA DE OZÔNIO

O avanço acelerado das características urbana e industrial da sociedade moderna tem agravado os impactos ambientais. Cerca de 40% da população do planeta já não dispõe de água suficiente para o dia-a-dia. Mais de 3 milhões de mortes, a cada ano, devem-se a problemas respiratórios decorrentes da poluição

do ar. A contaminação das águas e do solo, o desmatamento, o agravamento do efeito estufa e a destruição da camada de ozônio são problemas que atravessam as fronteiras formais dos países. A busca de soluções requer cooperação em nível internacional, além de exigir grandes investimentos e mobilização em escala mundial (Almanaque Abril, 2005).

A destruição da camada de ozônio na atmosfera provoca o aumento da radiação UV-B expondo as pessoas ao câncer de pele. Esta destruição ocorre pro um conjunto de gases denominados genericamente Carbono-halogenados, contendo carbono, cloro e flúor. O exemplo mais conhecido são os CFCs (cloro-fluor-carbono) gases utilizados em refrigeradores e como propelente de aerossóis (ENNIS,1998).

2.4.4 - POLUIÇÃO AMBIENTAL

O macro-complexo da construção civil também é um gerador de poluição ambiental. As atividades de canteiros geram, entre outros, poluição sonora e material particulado respirável, esta última é uma fonte séria de poluição do ar em São Paulo (CETESB,1999).

Material particulado também é gerado no processo de extração de agregados e moagem de matérias primas, como o cimento e a cal.

A produção dos materiais de construção se constitui talvez em uma mais importante fonte de poluição. A fabricação de cimento Portland e cal, por exemplo, implicam na calcificação do calcário ou dolomito, liberando grandes quantidades de CO₂.

A produção de uma tonelada de cal hidratada Cálcica (CaO. H₂O) libera aproximadamente 785 kg de CO₂ para a atmosfera, sem contar o CO₂ liberado

pela queima de combustível. A produção de uma tonelada de clínquer pelo método da via seca libera aproximadamente entre 820 e 870 kg de CO₂ para a atmosfera, dependendo do combustível e da eficiência do processo (JOHN, 2000, YAMAMOTO et al. 1997). Deste total, 66% é proveniente da descarbonatação do Calcário. Uma parte deste CO₂ vai ser absorvido novamente na carbonatação de concretos e argamassas. Apesar de ser muito inferior que o volume de CO₂ gerado pelos automóveis e caminhões, a massa de CO₂ gerado pela indústria cimenteira é significativa, especialmente no Brasil, onde a produção de cimento contribui atualmente entre 6% e 8% do CO₂ emitido (CDIAC, 2000).

Mesmo aspecto considerados menores do ponto de vista do processo construtivo, como a contaminação de água pela limpeza de caminhões e betoneiras ao final do dia de trabalho tem recebido atenção de pesquisadores e de discussões na Câmara Ambiental da Construção Civil na CETESB.

A perda de CFC, fluido refrigerante ainda utilizado na maioria dos aparelhos de ar condicionado é um outro exemplo de poluição gerada pelos produtos da construção.

2.4.5 - POLUIÇÃO DO AR DO INTERIOR DOS EDIFÍCIOS

Além da poluição do ar externo a construção civil é responsável pela criação de ambientes interiores poluídos. Os poluentes do ar do interior dos edifícios são:

- Compostos orgânicos voláteis;
- Microorganismos patogênicos;
- Poeiras;
- Partículas e fibras;

- Radônio (EPA, 1998c). estes produtos são liberados pelos materiais, pelo solo ou pelas atividades relacionadas ao uso e operação de equipamentos (fogões, máquinas de xerox, impressoras laser, etc.) e de produtos de limpeza.

O nível de poluição interno é controlado pela seleção de materiais, pelas taxas de ventilação e pelas atividades de limpeza e assepsia, particularmente dos sistemas de ar condicionado e ventilação. A máxima taxa de ventilação é definida em projeto, mas é o uso que determina a taxa real de renovação de ar durante a fase de uso.

O tema é crítico em edifícios condicionados. Em países frios como Canadá, Suécia e EUA o problema recebe atenção dos organismos de saúde pública a cerca de 15 anos. Em edifícios não condicionados em climas amenos como os observados no Brasil a importância do tema é discutível, exceto pelas possibilidades de contaminação dos ambientes por microorganismos.

A seleção dos materiais estabelece a quantidade de compostos orgânicos voláteis liberados pelos materiais e também pelas atividades de limpeza que cada material requer. Dentre os compostos orgânicos voláteis mais importantes encontram-se os formaldeídos, solventes orgânicos, oriundos de colas, tintas, plásticos e outros revestimentos orgânicos (JOHN, 2000; YU; CRUMP, 1998). As fibras respiráveis podem ser oriundas de revestimentos tecidos como carpetes, isolantes térmicos fibrosos e mesmo da abrasão de peças contendo fibras perigosas, como uma das formas de amianto. Os efeitos destes poluentes da natureza, intensidade e período de tempo de exposição. Podem variar de

simples dores de cabeça que afastam a produtividade até câncer ou outros danos ao sistema respiratório (EPA, 1998c).

Microorganismos patogênicos são associados normalmente com a presença de água produzidas por infiltrações ou evaporação de água durante o uso associadas a baixa ventilações. Causam alergias ou afetam o sistema respiratório. Um caso específico é a doença do legionário, uma doença muito similar à pneumonia e por isso de diagnóstico difícil. Ela está associada à contaminação dos sistemas de distribuição de água (EPA, 1998c).

Atividades de produção podem gerar poluição do ambiente de trabalho, como a aplicação de asfalto (JOHN, 2000; BURSTYN et al., 2000), aplicação de tintas contendo de chumbo, etc.

2.4.6 - POLUIÇÃO DO AR E CHUVA ÁCIDA

Outros poluentes do ar como SO₂, NO₃, O₃, CO e material particulado trazem problemas de saúde, especialmente no sistema respiratório já quantificado em estudos epidemiológicos (STEDMAN et al, 1999). O SO₂, por exemplo, está também associado à chuva ácida, que provoca danos em florestas, entre outros.

Somem-se a estes a produção de elementos radioativos para finalidades diversas, a criação involuntária de substâncias orgânicas perigosas e biopersistentes, como a dioxina (JOHN, 2000; RITTER et al, 1995), que representam ameaças para a população.

2.4.7 - CONSUMO DE MATÉRIAS-PRIMAS NÃO RENOVÁVEIS

O consumo de materiais naturais cresce a medida do crescimento da economia e da população. Nos Estados Unidos o consumo total de materiais cresceu mais

5 vezes entre 1900 e 1995, atingindo 2,8 bilhões de toneladas, cerca de 10ton/hab.ano (MATOS;WAGNER,1999). Neste mesmo período a participação de matérias primas renováveis foi reduzido de 40% para 8% do total (MATOS;WAGNER,1999). Segundo estes autores, somente entre os anos de 1970 e 1995 o consumo de materiais no mundo cresceu de 5,7 bilhões de toneladas para 9,5 bilhões de toneladas, um pouco mais de 1,6 ton/hab.ano. A produção destes volumes imensos de materiais exige uma extração muito maior de matérias primas naturais, dada às perdas e resíduos dos processos.

As reservas de muitos materiais já começam a ficar escassa, especialmente junto aos grandes centros. As reservas potenciais de cobre, por exemplo, devem durar aproximadamente 105 anos e as de zinco entre 170 e 200 anos. Já as reservas de cobre atualmente demarcadas deverão durar apenas 40 anos enquanto que as de zinco cerca de 100 anos (JOHN, 2000; DZIOUBINSKI; CHIPMAN,1999). Além de risco de serem esgotadas as reservas mais convenientes de recursos naturais, a atividade extrativa, destrói a paisagem, prejudica a fauna e flora.

2.5 - GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Sistemas urbanos – Um estudo do Banco Mundial (Bird) sobre o Brasil, de 1998, ressalta que os poluentes que causam mais danos à saúde da população são o monóxido de carbono (CO), emitido pelo setor industrial e de transporte, os coliformes (bactérias) existentes nos esgotos residenciais e os metais pesados lançados pelas indústrias. O volume de resíduos gerado é outro problema. Estatísticas de resíduos são mais limitadas e a ausência de classificação padronizada dificulta comparações mais precisas.

No Brasil, a CETESB estima que o volume de resíduos sólidos domiciliares em cidades de mais de 500 mil habitantes é de 0,7 kg/hab.ano, ou de 255 kg/hab.ano(CETESB, 1999). Nos EUA a EPA (1996) avalia que no na 1993 foram produzidos em 207 milhões de toneladas de lixo sólido municipal, cerca de 2,5 vezes mais que em 1960, atingindo 720 kg/hab.ano.

No entanto apesar de ser certamente o mais visível, o resíduo sólido municipal é a menor parte do volume de resíduos gerados. Estatísticas sobre o total de resíduos gerados são raras, e de certo ainda menos precisas.

Poucos dados estão disponíveis sobre o volume de resíduos gerados no Brasil, destacando-se o inventário de resíduos elaborado pela CETESB no Estado de São Paulo, que estimou uma geração de 26 milhões de toneladas anuais de resíduos não inertes e perigosos.

Os resíduos considerados perigosos pelas diferentes legislações nacionais também apresentam estatísticas mais freqüentes, mas as estimativa são igualmente variáveis, inclusive porque a classificação varia.

Um dos problemas que agrava a questão do volume de resíduos é o encarecimento dos processos de tratamento e deposição, especialmente dos resíduos classificados perigosos. Este encarecimento é devido a dois fatores:

- Concentração de em torno de grandes cidades, onde as áreas para deposição são escassas e a recusa da população em aceitar um deposito de lixo em sua vizinhança tem ainda as tornado amais raras;
- As crescentes exigências técnicas para tratamento e deposição (JOHN,1999).

2.6 - EXCLUSÃO SOCIAL

As mudanças climáticas atingem a todos, mas principalmente pelas populações mais pobres. Países e regiões ricas dispõem de recursos de tecnologias e de recursos para diminuir os efeitos, enquanto as nações e regiões mais pobres dependem do auxílio externo. A preocupação com esse problema levou vários países a firmarem um acordo internacional para estabilizar as concentrações de carbono na atmosfera. A Convenção Climática, assinada durante a ECO-92, obriga os países industrializados a diminuir seus lançamentos de carbono na atmosfera e países em desenvolvimento a não aumentarem a sua curva de emissão. Em 2002, o Brasil ratificou a Convenção Climática comprometendo-se com metas do acordo.

O atual modelo de desenvolvimento é mais sustentável devido à exclusão social. Boa parte da população está excluída deste crescimento, pois cerca de 25% da população sobrevive convivendo com menos de US\$360/ano (UNEP,1999), para uma renda per capita média superior aos US\$5000 anuais (2,6 vezes a de 1950 em termos de reais). O padrão de consumo dos EUA é certamente aspiração de boa parte da humanidade e pode ser tomado como referência do que aconteceria se o modelo deste país fosse generalizado. Apesar de contar com apenas 4,6% da população mundial (WRI, 1999) os EUA consomem cerca de 30% dos recursos naturais extraídos (MATOS; WAGNER,1999) 20% da energia (WRI, 1999), e são responsáveis por 24% da emissão de CO₂ (JOHN, 2000; CDIAC,2000).

Admitindo-se os números acima, a generalização deste modelo para os demais habitantes do planeta, implicaria em um aumento de 6,5 vezes no volume de

extração de matérias primas, 4,5 vezes o consumo de energia e 5,2 vezes a liberação de CO₂. se com os atuais níveis de consumo os efeitos no planeta começam a ser mensuráveis é evidente que a generalização deste padrão de desenvolvimento para todo o mundo não é sustentável, mesmo adotando-se uma versão rígida do paradigma ecologista.

2.7 - IMPACTO AMBIENTAL DA CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO CIVIL.

A cadeia da construção civil é superior a 14,5 % do PIB brasileiro (FIESP, 1999). Este tamanho reflete o papel gigantesco que o setor tem em proporcionar um ambiente construído adequado para toda a raça humana e suas complexas atividades econômicas. É fácil observar que praticamente nenhuma atividade humana prescinde de um ambiente construído adequado, com maior ou menor sofisticação: todos os edifícios e suas conexões viárias, hidráulicas e elétricas são, em maior ou menor grau, um produto da construção civil. A construção civil está presente em todas as regiões do planeta ocupadas pelo homem, na cidade ou no campo e até mesmo entre os povos da floresta.

De maneira geral o impacto ambiental da construção civil é proporcional a sua tarefa social.

Além dos impactos antes listados, a cadeia produtiva da construção civil tem impactos. Destes os mais discutidos são os efeitos das obras de construção e de extração de matérias primas na destruição da flora, fauna, paisagem.

A água embora abundante no planeta, é predominante não potável, concentrada em oceanos e mares ou encontra-se nas calotas polares. Menos de 1% do total da água é potável e acessível ao consumo humano, sendo que em grandes

idades mesmo fora de regiões desérticas ou semidesérticas a água potável é produto escasso e caro.

Poluição Ambiental e durabilidade de materiais de construção civil.

Está provado que a concentração atmosférica de poluentes, como SO₂, O₃, NO₃ determinam em grande parte a velocidade de degradação dos materiais de construção, metálicos ou não metálicos (HAAGENRUD, 1997). O buraco na camada de ozônio ao aumentar a taxa da radiação ultravioleta no solo tem efeitos na velocidade de degradação dos plásticos. SHIRAKAWA et al. (1998), demonstram que microrganismos alimentados pelo óleo diesel que contaminava o lençol freático causaram significativos danos a um túnel do metro de São Paulo. TILFORD et al. (2000), estudaram diversos tipos de obras norte-americanas que enfrentaram problemas com solos contaminados e concluíram que o acréscimo no custo da construção variou entre 0,1 a 360%, com mediana de 13,3%, tendo causado atrasos significativos em algumas obras.

2. 8 - CONSUMO DE RECURSOS NATURAIS

Além do macro-setor ser um dos maiores da economia ele produz os bens de maiores dimensões físicas do planeta, sendo conseqüentemente o maior consumidor de recursos naturais de qualquer economia.

O consumo de recursos naturais na construção civil em determinada região depende de fatores como:

- Taxa de resíduos gerados;
- Vida útil ou taxa de reposição das estruturas construídas;

- Necessidade de manutenção, inclusive as manutenções que visam corrigir falhas construtivas;
- Perdas incorporados nos edifícios;
- Da tecnologia empregada.

Estimativas precisas são difíceis de serem realizadas. Para MATOS e WAGNER (1999), o consumo de agregados para a construção civil nos EUA é de cerca de 7,5 ton/hab.ano. o consumo anual de mais de 2 bilhões de toneladas representa cerca de 75% dos materiais consumidos na economia norte americana.

No Brasil, como sempre, as estatísticas são escassas. Considerando que no Brasil são produzidas aproximadamente 35 milhões de toneladas de cimento Portland pro ano. Assumindo que este cimento é misturado com agregados a um traço de 1-6, em massa, pode-se estimar um consumo de 210 milhões de toneladas de agregados somente na produção de argamassas. A este valor é necessário somar o volume de agregados utilizados em pavimentação e as perdas.

No caso da madeira, estima-se que entre 26% (WRI, 2000b) e 50% (JOHN, 2000; CONSTRUCTION & ENVIRONMENT, 1996) da madeira extraída no mundo seja consumida como material de construção e 50% seja utilizada como combustível. Embora se trate de um dos poucos materiais renováveis, a maior parte da extração da madeira é feita de maneira não sustentável (JOHN, 2000; CONSTRUCTION & ENVIRONMENT, 1996).

O grande volume de materiais produzidos tem também outras implicações. Na Inglaterra, por exemplo, apenas o transporte e a produção de materiais de construção consomem cerca de 10% da energia (JOHN,2000; DETR,1998).

Este volume de materiais compreende somente os que chegam no canteiro. A inclusão de resíduos gerados nas indústrias e extração de matérias primas destinadas à fabricação de materiais e componentes para construção civil aumentaria em muito este volume.

A melhoria e ampliação do ambiente construído com o emprego de um volume proporcionalmente inferior de recursos naturais é certamente o maior desafio da construção civil. Este desafio é maior nos países não desenvolvidos, onde é necessário construir uma quantidade maior de bens (JOHN,2000; CHEN; CHAMBERS, 1999).

O macro-complexo da construção gera resíduos na produção de materiais e componentes, na atividade de canteiro, durante a manutenção, modernização e, finalmente, na demolição. As atividades de manutenção têm como causa tanto a correção de falhas de execução – conhecidas como patologias – quanto à necessidade de reposição dos componentes que atingiram o fim da sua vida útil (JOHN, 1996). Neste item serão tratados apenas os resíduos gerados por atividades de construção e de manutenção e demolição, conhecidos por resíduos de construção e demolição (RCD) ou entulhos de obra.

Estudo de PINTO (1999) estimou que nas grandes cidades brasileiras as atividades de canteiro de obras são responsáveis por aproximadamente 50% dos resíduos de construção e demolição (RCD), enquanto que a atividade de demolição e manutenção são responsáveis pela outra metade. Nos EUA, a EPA

(1998) estima que apenas 8% dos resíduos de construção sejam provenientes das atividades de construção, e que 33% provêm de demolições não residenciais. Naturalmente as diferenças na participação de cada fonte refletem a importância relativa das atividades de construção, manutenção e demolições em cada economia e também da taxa de perda de materiais em ambas atividades de construção.

De maneira geral o volume de RCD gerado nas cidades é equivalente ou superior ao dos resíduos sólidos municipais (JOHN, 2000; EU, 1999). No Brasil, o trabalho sistemático apenas se inicia e os dados disponíveis são os de PINTO (1999). Dada a inexistência de dados estatísticos este autor propôs uma metodologia para estimar a geração de RCD em centros urbanos. Nas 10 cidades estudadas por este autor, a geração de RCD variou de 230 a 760 kg/hab.ano, representando entre 41% e 70% do resíduo sólido municipal, em aderência. Uma exceção parece ser os Estados Unidos, onde a geração estimada de resíduos de construção é inferior à do resíduo municipal: 463 kg/hab.ano de RCD (EPA, 1998) contra 720 kg/hab.ano (EPA, 1996).

Produtos de diferentes origens e natureza podem ser identificados dentro do termo genérico resíduo de construção e demolição. Para criar exemplos (PINTO, 1999) podem ser identificados:

- Solos;
- Rochas;
- Concreto, armado ou não;
- Argamassas a base de cimento e cal;
- Metais;
- Madeira;
- Plásticos diversos;

- Materiais betuminosos;
- Vidro;
- Gesso – pasta e placa;
- Tintas e abrasivos;
- Restos de embalagens;
- Resíduos de cerâmicas vermelha, como tijolos e telhas;
- Cerâmica branca, especialmente a de revestimento;
- Cimento-amianto;
- Produtos de limpeza de terrenos, entre outros, em proporções variáveis de acordo com a origem.

Tabela 2-3 - Estimativa da geração de resíduos da construção civil em diferentes países

País	Quantidade Anual		Fonte	Observações
	Mton/ano	Kg/hab		
Suécia	1,2 - 6	136-680	TOLSTOY, BORKLUND & CARSON (1998); EU (1999)	??, 1996
Holanda	12,8-20,2	820-1300	LAURITZEN (1998); BROSSINK, BROUWERS & VAN KESSEL (1996); EU (1999)	
EUA	136-171	463-584	EPA(1998); PENG, GROSSKOPF, KIBERT (1998)	(1996)
UK	50-70	880-1120	DETR (1998); LAURITZEN(1998)	1995, 1996
Bélgica	7,5-34,7	735-3359	LAURITZEN (1998)	?, 1990-1992
Dinamarca	2,3-10,7	440-2010		
Itália	35-40	600-690		
Alemanha	79-300	963-3658		?, 1994-1996
Japão	99	785	KASAI (1998)	1995
Portugal	3,2	325	EU (1999)	Excluir solos
Brasil	na	230-660	Pinto (1999)	Algum as cidades apenas

A Figura 2-3 apresenta a composição média de RCD depositado no aterro de Itatinga na cidade de São Paulo (BRITO FILHO, 1999). O RCD tem constituição variável, depende da fonte geradora – construção ou reforma/demolição, fase da obra, tecnologia construtiva, natureza da obra, etc.. Vários dados estão disponíveis, mas ainda não se dispõe de um estudo nacional mais abrangente. No entanto, os valores medidos no Brasil são similares à situação da Europa (PINTO, 1999), mas muito diferentes da situação norte-americana. Nos EUA, o teor de massa entulho oriundo de construções de edifícios foi estimado em 30% (EPA, 1995). Segundo a mesma fonte blocos de alvenaria e concreto representam entre 1% a 8% da massa de entulho em construções residenciais e 10% a 20% nas construções comerciais.

Na maioria das normalizações internacionais os resíduos de construção e demolições são considerados inertes apenas devido a uma exceção à regra de classificação de resíduos (NBR 10004; EPA 1998). No entanto, devido a sua composição variada, os resíduos de construção e demolição podem conter resíduos perigosos, como adesivos, tintas, óleos, baterias, biocidas incorporados em madeiras tratadas, tendo sido encontrado nos lixiviados dos aterros quantidades de substâncias tóxicas acima dos limites (EPA 1995), o que permite levantar a suspeita que esta exceção a regra pode ser revista em médio prazo. Não se conhece investigação similar no Brasil. A deposição irregular do RCD é um fenômeno internacional e no Brasil tem importantes efeitos na qualidade ambiental e nos custos das prefeituras (Pinto, 1999). A deposição irregular do RCD na malha urbana tem sido relacionada com enchentes,

causadas por assoreamento dos córregos por RCD, com prejuízos à paisagem, obstrução de vias de tráfego e com a proliferação de doenças. A coleta e o transporte dos RCD para áreas de depósito cada vez mais afastadas das regiões centrais congestionam o tráfego. Além disso, o recolhimento do RCD depositado ilegalmente representa um custo significativo para os municípios. As estimativas de PINTO (1999) variam entre US\$5,4/ton e US\$ 14,8/ton de RCD recolhido para diferentes cidades e técnicas de recolhimento. A prefeitura Municipal de São Paulo recolhe diariamente 4 mil toneladas de entulhos, a um custo mensal de 4,5 milhões de reais (BRITO FILHO, 1999). Em cerca de dez anos a antiga pedreira de Ipatinga em São Paulo, originalmente um buraco de 300m de diâmetro e 80m de profundidade, foi convertida em uma montanha de 80m de altura, reduzindo ainda mais a já limitada área para deposição de resíduos.

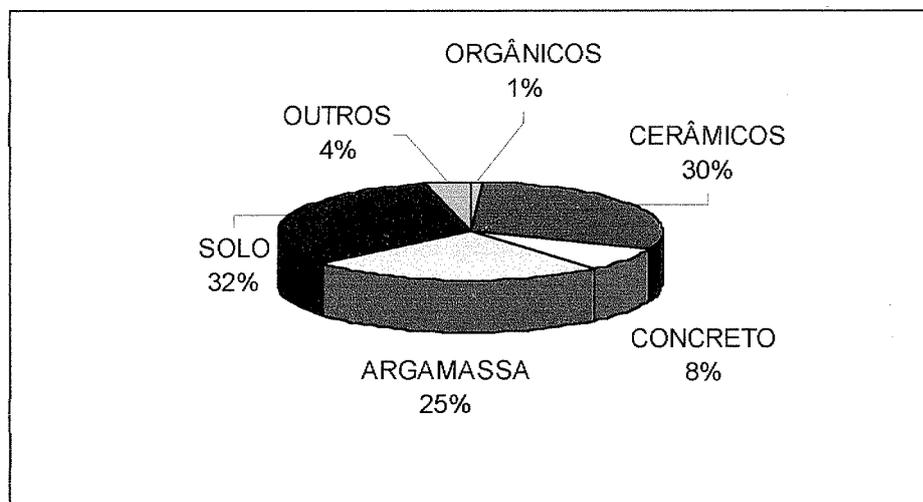


Figura 2-3 – Composição média dos entulhos depositados no aterro de Ipatinga, São Paulo (BRITO FILHO, 1999).

2. 10 - PERDAS E DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As perdas de materiais durante o processo de construção aumentam o impacto ambiental pois consistem em um consumo de materiais além do necessário à produção (ou manutenção) de um bem (ANDRADE, 1999; SOUZA et al., 1999).

Em qualquer processo, devido à viabilidade natural, é inevitável que ocorra um determinado volume de perdas. A fração das perdas que excede a este limite mínimo característico da tecnologia é considerada desperdício. Os limites entre perda inevitável e o desperdício são difíceis de estabelecer e para uma mesma tecnologia variam com características regionais e no tempo. Parte das perdas permanecem incorporadas ao edifício na forma de espessuras excessivas e outra parcela é retirada na forma de resíduo de construção (ANDRADE, 1999). As perdas tem origem nas diferentes etapas do ciclo de vida do edifício. A fase de planejamento, por exemplo, pode ser responsável por desperdício ao decidir a construção de uma estrutura não necessária. Na fase de projeto, a seleção de uma tecnologia inadequada ou o superdimensionamento da solução construtiva também podem causar desperdício ou necessidades de retrabalho (JAQUES, 1998).

A fase de execução é certamente geradora da parcela mais viável das perdas, inclusive porque é somente nesta fase que as decisões anteriores ganham dimensões física, consumindo recursos naturais

Talvez a mais importante pesquisa sobre perdas na construção foi realizada no Brasil, financiada pelo Programa HABITARE (programa de fomento à pesquisa na área de habitação coordenado pela FINEPe que conta com recursos

do CNPq (Bolsas RHAE, Caixa, SEBRAE, entre outros. A Tabela 2-2 resume alguns dos resultados obtidos pela pesquisa. A principal revelação principal talvez seja grande variação nas perdas entre as diferentes empresas e canteiros de uma mesma empresa, durante a fase de execução, algumas vezes da ordem de 100 vezes. Esta variação revela o potencial para a redução das perdas sem mudanças da base tecnológica. Admitindo que 50% do cimento brasileiros é utilizado em atividades de construção de edificações e que estas atividades possuem perdas médias igual 56% (mediana da amostra), pode-se estimar que se as perdas fossem reduzidas para 6% (valor mínimo encontrado na amostra) seria possível aumentar em 25% a produção de edificações, mantendo-se constante a produção de cimento.

Tabela 2-4 Perdas de alguns materiais de construção civil em canteiros brasileiros (%)

	Cimento	Aço	Blocos e tijolos	Areia	Concreto2 Usinado
Min	6	2	2	3	2
Max	638	23	23	48	23
Mediana	56	9	9	13	9

2.11 - CONCLUSÃO

Existem sinais bastante claros de que o atual modelo de desenvolvimento, baseado na extração maciça de recursos naturais e geração de resíduos não é sustentável em longo prazo.

Em substituição a este modelo, está sendo proposto o modelo de desenvolvimento sustentável, que ainda necessita ser definido de maneira mais objetiva. Apesar de ser um conceito ainda difuso, o seu impacto na cultura, pesquisa, comércio e atividades produtivas já é uma realidade.

A cadeia produtiva da construção civil é provavelmente uma das maiores da economia e conseqüentemente possui enorme impacto ambiental. É a principal consumidora de matérias primas da economia, uma das maiores geradoras de resíduo, energia e também colabora significativamente na poluição ambiental, incluindo o efeito estufa.

Assim, não será possível um desenvolvimento sustentável sem que toda a cadeia produtiva da construção civil sofra transformações significativas. Provavelmente estas mudanças serão muito mais profundas que as causadas recentemente pela adoção do paradigma de gestão da qualidade.

CAPITULO 3

3 . RECICLAGEM, CONSTRUÇÃO CIVIL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL.

3.1 - CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS

Os resíduos podem, em uma primeira avaliação, serem classificados como:

- Perigosos, em diferentes graus;
- Não perigosos.

A EPA (1999) define como perigoso um resíduo que possua propriedades que o torne perigoso ou capaz de causar um efeito danoso à saúde humana ou ao

meio ambiente. Em termos genéricos, a classificação objetiva é realizada em função da:

- Toxicidade;
- Flamabilidade;
- Corrosividade;
- Reatividade;
- Patogenicidade;
- Radioatividade (NBR 10004; EPA, 1999).

A NBR 10004 define três categorias de resíduos sólidos:

- Resíduos Perigosos – Classe I, categoria da qual exclui expressamente os resíduos dos tratamentos de esgotos, resíduos sólidos domiciliares e os resíduos da construção civil;
- Resíduos não inertes ou de classe II;
- Resíduos inertes, de classe III, definidos como aqueles que em ensaio de solubilização dos resíduos, após 7 dias, a água solubilizada apresenta condições de potabilidade, exceto pela cor. A norma apresenta uma lista de resíduos sólidos reconhecidos como perigosos e uma metodologia, projetada para avaliar os riscos de contaminação pela deposição destes resíduos em aterros. No que toca à toxicidade, a hipótese central é que a percolação da água de chuva pelo aterro causaria a solubilização e lixiviação de parcelas dos resíduos, contaminando o lençol freático.

Uma outra forma de classificar os resíduos é segundo a sua origem. Os resíduos pós-consumo são os resíduos resultantes do consumo de um bem.

Como característica típica eles são gerados de maneira difusa no ambiente construído. Ele é geralmente confundido com o resíduo sólido municipal. Eventuais tratamentos desses resíduos dependem do sistema de coleta, que pode ser dispendioso. Assim, a reciclagem de resíduos pós-consumo é viável quando o valor agregado ao produto é elevado. Isto explica o sucesso da reciclagem das latas de alumínio e o pouco sucesso da reciclagem das embalagens de Tetrapack. Já os resíduos industriais são aqueles gerados em uma atividade produtiva. Via de regra, esses resíduos têm sua concentração, sendo mais fácil a sua recuperação.

Limites da Política Hierárquica de Gestão de Resíduos

Na gestão de resíduos vigora uma hierarquia (JOHN, 2000; LEACH et al., 1997; GRÜBI; RÜHL 1998; EU, 1999) de objetivos:

- Reduzir a geração do resíduo na fonte;
- Reutilizar o resíduo;
- Reciclar;
- Incinerar recuperando a energia;
- Depositar em aterros sanitários.

Esta hierarquia está presente nas principais legislações relativas a resíduos e vem sendo aceita sem maiores questionamentos (JOHN 2000; LEACH et al., 1997; EPA, 2000; TOLSTOY et al., 1998; VAN DER ZWAN, 1991). Esta formulação foi, provavelmente, elaborada a partir da experiência com os resíduos sólidos municipais, onde do ponto de vista do município, a redução do volume do resíduo implica em uma redução direta no custo e impacto ambiental do sistema.

Esta hierarquia, em tese, é questionável, uma vez que a melhor alternativa é, por definição, aquela de menor impacto ambiental global (JOHN, 2000; TUKKER; GIELDEN, 1994) e é perfeitamente possível imaginar que existam situações onde a redução do volume de resíduos pode resultar em um impacto ambiental maior do que o benefício obtido. Por exemplo, ALLEN e ROSSELOT (1994) afirmam que muitas vezes técnicas de reciclagem requerem um volume mínimo de resíduo disponível em determinada região e uma concentração mínima da fase a ser reciclada no resíduo total. Nesta situação, pode ser desejável um aumento na produção do resíduo ou da concentração da fase a ser reciclada de maneira a tornar economicamente viável a sua reciclagem e assim evitar a deposição do resíduo em aterro. LEACH et al. (1997), demonstraram que, através de uma análise do ciclo de vida, a incineração é provavelmente a alternativa de menor impacto ambiental que a reciclagem, para o caso da Inglaterra.

Ainda mais, a geração de resíduos é inevitável por várias razões. Em primeiro lugar porque a vida útil de um produto é sempre limitada, após a qual o produto se transforma em resíduo. Esta vida útil finita é uma característica mesmo dos produtos duráveis, porque as atividades de manufatura normalmente incorporam de grandes quantidades de energia nos materiais e a lei da Termodinâmica afirma que todos os produtos tendem ao seu mais baixo nível de energia (JOHN, 1995). Assim, por mais que o paradigma de obsolescência planejada seja abandonado, que os produtos sejam para durar mais, em algum momento eles, inevitavelmente transformar-se-ão em pós-consumo. Outro fator é a variabilidade intrínseca dos processos e matérias-primas, que faz com que

alguns produtos sejam produzidos em não conformidade com o especificado e acabem se tornando resíduos. Assim, a reciclagem é condição para o desenvolvimento sustentável, pois é ela que permite fechar o ciclo.

Assim, é provável que a hierarquia tradicional dos resíduos precise ser re-interpretada como um conjunto de opções de ação, sendo em cada situação, utilizada-se a de melhor desempenho ambiental, do berço ao túmulo. Esta adequação pode ser julgada através de análises do ciclo de vida (DETR, 1999).

Também não se pode considerar a quatro alternativas como mutuamente excludentes. Como um resíduo é algo bastante heterogêneo em função, tanto de sua origem, quanto em função das contaminações no processo de geração e manuseio, é muitas vezes muito mais lógico adotar, para diferentes frações, diferentes objetivos: reutilizar as íntegras, reciclar as parcialmente danificadas e incinerar ou depositar em aterro as muito contaminadas. Por exemplo, no caso de calcinação de cinza de casca de arroz em um forno de clínquer Portland, tanto a reciclagem das cinzas quanto à recuperação de energia ocorrem simultaneamente.

3.2 -VANTAGENS POTENCIAIS DA RECICLAGEM.

Além de ser uma opção em relação às demais, a reciclagem de resíduos apresenta várias vantagens potenciais do ponto de vista da sustentabilidade. No entanto, a vantagem ambiental de um processo de reciclagem, somente pode ser dada como certa, após análise específica de ferramentas como a da análise do ciclo de vida. Um dos graves riscos, quanto se produzem novos materiais a partir de resíduos, é a contaminação ambiental interna e externa e externa das construções que usam estes resíduos, seja pela contaminação da água, radiação

ou pela volatilização de frações orgânicas (JOHN, 2000; VANDERZWAN, 1991).

A primeira e mais visível das contaminações ambientais da reciclagem é a preservação de recursos naturais, substituídos por resíduos, prolongando a vida útil das reservas naturais e reduzindo a destruição da paisagem, flora e fauna. Esta contribuição é importante mesmo nos casos onde os recursos naturais são abundantes, como é o caso do calcário ou argila, porque a extração de matérias primas prejudica a paisagem e pode afetar ecossistemas (EPA, 1998; JOHN, 1999).

A redução do volume de aterros e incineração (EPA, 1998b; JOHN, 1999) nem sempre são consideradas quando se analisa o impacto ambiental da reciclagem. Aterros, especialmente aqueles com resíduos perigosos ou não inertes, concentram substâncias químicas em níveis que se tornam perigosos e podem contaminar o lençol freático. Muitos resíduos são estáveis e, as estruturas e o risco representado pelos aterros sanitários permanecerão ativos por centenas de anos.

A reciclagem de resíduos, na maior parte dos casos, permite a redução do consumo energético (EPA, 1998b; JOHN, 1999) para a produção de um determinado bem, porque muitas vezes os materiais já incorporam energia. Este é o caso da reciclagem do aço, alumínio e mesmo da reciclagem da escória de alto forno e da cinza volante como aglomerante (Tabela 3-1). Na indústria cimenteira este fato já é conhecido pelo menos desde 1981 (JOHN, 2000; DUTRON, 1982; CALLEJA, 1982; AGUANELL et al., 1982). Outras vezes, resíduos de composição parcialmente orgânica servem de fonte de

energia, além de acrescentar massa a produto final, como é o caso da casca de arroz, que contém cerca de 20% de cinza de composição predominante silicosa (JOHN, 2000; METHA, 1992). MARCIANO e KHIARA (1997) estimam que a indústria cimenteira economizou entre 1976 a 1995 cerca de 750 mil toneladas de óleo combustível queimando resíduos, como casca de arroz, serragem e pedaços de madeira, pó de carvão vegetal, pedaços de pneus e borrachas, cascas de babaçu, entre outros. É também necessário lembrar que a deposição de um resíduo em aterro também envolve consumo de energia, com o transporte e gestão do aterro.

A distância de transporte, a energia necessária para limpeza e classificação de resíduo de forma a viabilizar a reciclagem e até mesmo a tecnologia envolvida na reciclagem podem torna-la ambientalmente indesejável.

Tabela 3-1 Redução do impacto ambiental (em %) da reciclagem de resíduos

Impacto	Aluminio ¹	Aço ²	Vidro ²	Adição de escória ao cimento		
				20%	30%	50%
Ambiental						
Energia	97%	74	6	88 ³	82 ³	71 ³
Matéria-prima		90	54	20	30	50
Água		40	50	-	-	-
Poluição do ar		86	22	20 ⁴	30 ⁴	50 ⁴
Resíduos em geral		105	54			
Resíduos minerais		97	79			

na produção em alguns materiais de construção civil, exceto transporte.

¹ KINGTON (1979)

² UDAETA E KANAYAMA (1997)

³ DUTRON (1992)

⁴ Considera-se apenas a redução de poluentes no processo de clínquerização, como CO₂.

Ela muitas vezes permite também a redução da poluição emitida para a fabricação de um mesmo produto (EPA, 1998b; JOHN, 1999). YAMAMOTO et al. (1997), estimam que em 1996, a indústria cimenteira brasileira, ao adotar a reciclagem maciça de cinzas volantes e escórias granuladas de alto forno básicas, além da calcinação de argilas e adição de filler calcário, reduziu a geração de CO₂ em 29%.

A reciclagem também permite a geração de empregos e aumenta a competitividade da economia (EPA, 1998). Estudo realizado na Carolina do Norte (EUA) demonstrou que para cada 100 empregos criados na reciclagem são perdidos apenas 13 na indústria do lixo e que a reciclagem é hoje um negócio de vários bilhões de dólares (EPA, 1998b).

Muitas vezes, a incorporação de resíduos permite um aumento da durabilidade da construção em determinadas situações, como já está comprovado por inúmeros estudos na área de adições escória de alto forno e pozolanas ao cimento (JOHN, 1999).

A reciclagem, eventualmente, pode reduzir os custos da proteção ambiental, ou até mesmo viabilizar grau de proteção ambiental superior, pois permite gerar valor a partir de um produto que antes se constituía em despesas. Uma última vantagem potencial, citada pela SCIENCE RESEARCH COUNCIIL inglesa (KINGTON, 1979), que parece atual para o Brasil de hoje, é a economia de divisas, na eventualidade da importação de alguma das matérias-primas recicladas (JOHN, 2000).

3.3 - POLÍTICAS DE INCENTIVO À RECICLAGEM

A percepção da importância da reciclagem para a sustentabilidade tem levado diferentes países a adotarem políticas específicas visando criar condições para que ela aconteça.

Nos EUA o governo federal estabeleceu critério de compra ordem executiva 12873 (20 Out. 1993), periodicamente atualizada e aperfeiçoada (por exemplo, Ordem Executiva 13301 de 14 Set. 1998), uma política nacional para a compra de produtos e serviços “ambientalmente preferíveis”, definidos como aqueles que possuem menor efeito nocivo ao ambiente ou à saúde, quando comparados com seus competidores e durante todo o ciclo de vida (CLINTON, 1993). Coerentemente, grande destaque é dado para produtos contendo resíduos ou que previnam a geração resíduos. A EPA (Environmental Protection Agency) estabeleceu metas de conteúdo mínimo de resíduos para itens como cimento Portland (15% de cinzas volantes e 25% de escória de alto-forno), carpetes, isolantes térmicos, tintas látex (de 10% a 50%, dependendo da cor), papel, etc. (EPA, 1999b).

O governo Inglês lançou em 1995 a sua diretiva “Making Waste Work”, uma estratégia para o gerenciamento sustentável de resíduos, que tem como um dos objetivos:

- (a) fazer o melhor uso do lixo que nossa sociedade produz;
- (b) reduzir a quantidade de resíduos;
- (c) reduzir o risco de poluição imediata ou futura pela deposição dos resíduos (DESAI, 1998).

Atualmente está em discussão o aperfeiçoamento dessa política através do documento *A Way With Waste*, (DETR, 1999b) onde enfatiza mais claramente que reciclagem é crítico para melhorar o desempenho ambiental do processo de gestão de resíduos e está comprometido em buscar meios para o crescimento da reciclagem. Nesta linha, o governo está investigando na possibilidade de remover barreiras para a reciclagem, como viabilizando contratos de longo prazo para a reciclagem de resíduos, exigência de valores mínimos de resíduos em determinados materiais e para melhoria do mercado de produtos contendo resíduos. Dentre as políticas adotadas na Inglaterra, está a imposição de uma taxa sobre todo material enviado para aterro (JOHN, 2000; DESAI, 1998).

No mundo industrial está sendo definido o conceito de sinergia entre diversas indústrias, agricultura e comunidades, de maneira a maximizar a reciclagem de resíduos e promover o desenvolvimento sustentável (JOHN, 2000; WBSC-GM, 1997). Neste conceito, existe uma integração entre diferentes indústrias, onde uma utiliza o resíduo da outra como matéria-prima. O conceito recebe diferentes denominações, como sinergia através de resíduos, simbiose industrial, resíduos zero – emissões zero – 100% produto e simbiose verde.

3.4 - A RECICLAGEM DE RESÍDUOS NO BRASIL.

Comparativamente a países do primeiro mundo, a reciclagem de resíduos no Brasil, como materiais de construção, é ainda tímida, com a possível exceção da intensa reciclagem praticada pelas indústrias de cimento e de aço.

Este atraso tem vários componentes. Entre eles, os repetidos problemas econômicos e os prementes problemas sociais ocupam a agenda de discussões políticas, deixando pouco espaço para discussões mais de longo prazo, como a

questão do desenvolvimento sustentável. mesmo a discussão mais sistemática sobre resíduos sólidos é recente. No Estado de São Paulo só recentemente foi iniciada a discussão de uma Política Estadual de Resíduos Sólidos. Este projeto de Lei, aprovado pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente propõe uma política abrangente de resíduos, incluindo ferramentas para minimização e reciclagem de resíduos. Em termos nacionais existe uma discussão no Conselho Nacional de Meio Ambiente, e vários projetos de lei em tramitação no Congresso Nacional.

Assim, em larga medida, a questão ambiental no Brasil, ainda é tratada como sendo um problema de preservação da natureza, particularmente florestas e animais em extinção, deposição em aterros adequadamente controlados e controle da poluição do ar, com o estado exercendo o papel de polícia. A recente lei federal de crimes ambientais (nº 9.605, 13 Fev. 1998) revela um estado ainda mais voltado à punição das transgressões à legislação ambiental vigente do que em articular os diferentes agentes sociais na redução do impacto ambiental das atividades, mesmo que legais, do desenvolvimento econômico. Um contraponto a esta ação predominantemente policial foi à iniciativa pelo Governo do Estado de São Paulo, através da CETESB, de implantação de 17 Câmaras Ambientais setoriais, inclusive construção civil.

O governo federal criou através da portaria nº 92 (06 Ago. 1998) do antigo Ministério da Indústria, Comércio e Turismo, um grupo de trabalho interministerial com o objetivo de elaborar a proposta do Programa Brasileiro de Reciclagem, a partir de um documento base já produzido. Este programa deverá desenvolver mecanismos que permitem incrementar e valorizar a

utilização como matérias-primas, de resíduos industriais, minerais e agropecuários, bem como o desenvolvimento do parque industrial nacional reciclador (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E TURISMO, 1998). Embora a portaria tenha estabelecido um prazo de 90 dias para o encerramento dos trabalhos, até o momento estes ainda não foram iniciados.

Inexistem no mercado Brasileiro de entidades emitindo certificados ou de certificação ambiental, algumas vezes chamados de “selos verdes” tanto para produtos de consumo imediato quanto para edifícios. No caso de edifícios, programas de certificação incluem requisitos de conteúdo mínimo de produtos reciclados. Para um edifício receber o selo americano uma das exigências é que produtos que representem 20% do custo dos materiais sejam constituídos com um mínimo 20% de resíduos pós-consumo ou 40% de resíduos industriais. A ausência deste selo no mercado brasileiro é, ao mesmo tempo, um indicador do atraso de uma agenda ambiental mais pró-ativa e mais uma dificuldade na introdução de produtos contendo reciclagem. Uma medida positiva foi a promulgação no dia 12 de Maio de 1999 da Lei nº 10.311 do Estado de São Paulo, que cria o selo verde, um certificado de qualidade ambiental, a ser conferido pela CETESB, a estabelecimentos sediados no Estado de São Paulo que executem programas de proteção do meio ambiente, com efetivo cumprimento das normas ambientais (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1999). Apesar de não ser voltada para a certificação de produtos, trata-se de um avanço significativo.

A inexistência desta marca de qualidade ambiental de produtos demonstra que, diferente de outros países, as empresas brasileiras que eventualmente

reciclem não utilizam sua contribuição ambiental como ferramenta de marketing, apesar do consumidor, mantido o preço e a qualidade, preferir produtos com menor impacto ambiental (MORENO, 1998). Uma das causas possíveis para este aparente desinteresse é um eventual receio de que o público consumidor leigo associe o produto reciclado a produto de baixa qualidade. Esta dúvida somente pode ser resolvida através de pesquisa de mercado.

As experiências, de maior sucesso na reciclagem brasileira, se devem, em sua grande maioria, a benefícios econômicos evidentes, aliado a alguma influência de pressões dos serviços de coleta de lixo urbano. Este é o caso das latas de alumínio, onde o benefício elevado da reciclagem do alumínio, resultado do elevado preço da matéria-prima no mercado e do alto consumo de energia para a produção do alumínio a partir da bauxita, fez com que os produtores da lata desenvolvessem estratégias original de reciclagem de sucesso inquestionável. Papel, sucata de aço, escória de alto-forno, entre outros, apresentam também vantagens econômicas bastante evidentes.

3.5 - RECICLAGEM NA CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO CIVIL.

A cadeia produtiva da construção civil apresenta muitas vantagens que a credenciam a ser uma grande recicladora. Por outro lado, enquanto setor, a oportunidade de reduzir o significativo impacto ambiental através da reciclagem é extremamente interessante. No momento ela se constitui em uma abordagem pró-ativa, até porque o setor é um dos principais geradores de resíduos da economia. Dada a grande dimensão econômica e ambiental do problema dos RCD (resíduos da construção e demolição) é provável que nos

grandes centros urbanos brasileiros as municipalidades em breve estarão tomando medidas que forcem a construção civil no sentido da reciclagem, de seus próprios resíduos. É sintomático que cidades de grandes e médio porte, como Belo Horizonte, Ribeirão Preto e Salvador a municipalidade já esteja agindo ativamente na reciclagem de resíduos (PINTO, 1999).

A indústria cimenteira recicla aproximadamente mais de 5 milhões de toneladas por ano de escória de alto-fornos, cinzas volantes, pneus, etc, o setor siderúrgicos é também um grande reciclador, com pelo menos 6 milhões de sucata reciclada anualmente. Boa parte do aço destinado a reforço do concreto armado produzido no país é proveniente do processo de arco elétrico, que utiliza como matéria-prima principal a sucata de aço. A reciclagem desta sucata permitiu economizar em 1997 cerca de 6 milhões de toneladas de minério de ferro, evitou a geração de cerca de 2,3 milhões de toneladas de resíduos e de cerca de 11 milhões de toneladas de CO₂ (estimativa de liberação de CO₂ considerando que a produção de 1 ton ferro gusa libera 2,2 ton CO₂ (MARCIANO & KHIARA, 1997)).

Facilitadores da Reciclagem na Cadeia Produtiva da Construção Civil

A capacidade da cadeia produtiva da construção civil de reciclar resíduos se deve a vários fatores. Esta capacidade se estende a resíduos de outros processos e cadeias produtivas.

Em primeiro lugar, a construção civil é a maior consumidora de materiais na economia e, portanto, tem maiores possibilidades de reciclar (MATTOS; WAGNER, 1999; SJÖSTRÖM, 1996).

Em segundo lugar, os diferentes ramos da cadeia produtiva estão presentes em todas as regiões, o que facilita projetos de simbiose industrial permite uma reciclagem local, já que a questão geográfica é crítica neste tipo de trabalho (JOHN, 2000; WSBC-GM, 1997). É interessante observar que uma parcela significativa dos materiais que a construção consome são agregados (MATTOS; WAGNER, 1999) para pavimentos, concretos e argamassas e elementos de alvenaria, cuja produção é eminentemente regional. A Tabela 3-2 mostra a quantidade de estabelecimentos de fabricação de diferentes materiais nos EUA. A produção de agregados juntamente com a de componentes aglomerados com cimento e gesso é a que apresenta maior número de estabelecimentos, com dados revelando a sua dispersão pelo país.

Tabela 3-2 Número de estabelecimentos que produzem diversos tipos de materiais. A maioria dos dados é oriundo do censo dos EUA de 1987.

Tipo de Produto	Nº	Fonte
Vidro plano	44	EPA (1995 a)
Cimento	237	EPA (1995 a)
Cerâmica vermelha	587	EPA (1995 a)
Produtos de gesso e cimento	9643	EPA (1995 a)
Produção de agregados (areia e briga)	9914	EPA (1995 b)
Produtos plásticos (> 20 empregados)	5999	EPA (1995 c)

A construção civil consome uma enorme variedade de materiais – sejam minerais / silicosos, poliméricos ou metálicos – e este número de materiais vem aumentando (JOHN, 2000; SMITH, 1973; AGOPYAN, 1988) em diferentes

graus de industrialização, para diferentes aplicações, tipos de obra, que conseqüentemente apresentam exigências técnicas específicas, embora atualmente estas diferentes situações sejam atendidas por um material padrão, como o cimento etc. isto acrescenta uma grande flexibilidade para buscar oportunidades para desenvolver materiais especializados. O setor é o maior consumidor de materiais silicosos e a sílica é a espécie atômica mais comum no planeta. Por esta razão, muitos resíduos de processos térmicos (cinzas), metalúrgicos e de tratamento ambiental possuem sílica. Mas o setor também consome plástico, produtos de origem vegetal, metais diversos, e está desenvolvendo uma linha muito interessante para compósitos.

Boa parte dos componentes de construção é de produção simples, como os componentes produzidos com agregados e aglomerantes inorgânicos. Requisitos como esterilidade, purezas elevada, etc. são dispensáveis na maioria das aplicações comuns da construção civil, simplificando os processos. A reciclagem de vidro na produção de vidro, por exemplo, requer classificação de cor, enquanto que sua reciclagem como agregado para concreto asfáltico não exige qualquer classificação. Os agregados, por exemplo, são materiais granulares, compatíveis com o aglomerante, em que estão embebidos e com resistência e densidade apropriadas a aplicação. É possível produzir grânulos com muitos materiais diferentes através de técnicas simples como a pelletização ou mesmo trituração. Agregados, muito diferentes dos tradicionais, podem ser adequados a aplicações especializadas, como concretos leves, concretos pesados, base de rodovias, etc. esta produção mais simples pode significar que

a quantidade de capital para implantação da unidade de reciclagem seja reduzida.

Existe grande possibilidade de utilização grandes volumes de produtos com resistência mecânica baixa se comparada com outros setores de engenharia, o que torna possível a convivência com materiais com grande quantidade de defeitos micro-estruturais e impurezas. As resistências mecânicas dos aços para a indústria mecânicas são muitas vezes superiores aos 5 a 10Mpa necessários a um elemento de alvenaria de vedação, por exemplo, ou a capacidade de suporte de uma base de pavimentação.

Do ponto de vista da construção civil, a reciclagem de resíduos vai resultar no oferecimento de uma maior quantidade de produtos alternativos para uma mesma função e, possivelmente, de soluções mais adequadas para situações específicas, com ganhos de eficiência geral do processo.

Do ponto de vista estratégico, é prioritário que o macro-complexo desenvolva capacidade de reciclar seus próprios resíduos, o resíduo de construção e demolição, cujo volume e forma de deposição atualmente apresenta grande consequências ambientais. Não é por acaso que o relatório técnico que embasa o Programa Brasileiro de Reciclagem estabelece este resíduo como uma das suas prioridades (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO, 1999).

3.6 - BARREIRAS DA RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

Existem varias barreiras a serem vencidas para a introdução de novos produtos contendo resíduos: legais / regulamentares, educação e informação, tecnológicas, econômicas e geográficas (JOHN, 2000; LAURITZEN, 1998). A

seguir serão discutidas as mais importantes para a construção civil, além de algumas especificidades do setor, juntamente com propostas para superação destes problemas.

Em primeiro lugar é necessária a superação dos limitadores legais, regulamentares e de educação. Segundo LAURITZEN (1998) a superação deste problema depende da existência de políticas de longo prazo, como no caso da Holanda e EUA (Esta condição implica em uma continuidade da política entre vários governos, feitos que provavelmente pode ser obtido nas condições brasileiras com um grande envolvimento da sociedade. As Câmaras Ambientais Setoriais de São Paulo, o CONAMA e, possivelmente, o Programa Brasileiro de Reciclagem, parecem ser bons embriões desta articulação Estado-Sociedade.

Uma limitação da construção civil muito discutida é a dificuldade de introdução de novas tecnologias na construção civil. Várias razões têm sido apontadas, como:

- (a) o baixo impacto da inovação tecnológica nos custos do empreendimento imobiliário, especialmente devido ao preço da terra, uma razão econômica;
- (b) dois fatores técnico: a existência de normas prescritivas, que especificam a adoção de uma determinada solução específica e não de um desempenho (PRIES; URIJTHOFF, 1989; HESEGUER, 1989, JOHN, 1995); e o histórico Brasileiro recente de novas tecnologias que resultaram em desempenhos insatisfatórios (JOHN, 1995).

A causa econômica pode ser superada, tanto tecnologicamente pelo desenvolvimento de produtos que apresentam outras vantagens competitivas

frente aos tradicionais (JOHN, 1995b), quanto por ações do poder público.

Dentre estas ações, pode-se destacar:

- A criação de mercados usando o poder de compra do estado ou o estabelecimento da obrigação de um conteúdo mínimo de materiais reciclados em um determinado produto;
- O encarecimento da deposição do resíduo, como por exemplo, através do estabelecimento de taxas para deposição do resíduo como na Inglaterra e Dinamarca;
- Pela redução do custo dos produtos reciclados, como através de isenções fiscais para produtos contendo resíduos (PINTO, 1999);
- Outros incentivos ou compartilhamentos de riscos.

Um dos problemas que precisa ser enfrentado é a eventual concepção de consumidores e até técnicos da área de que um produto contendo resíduos possui qualidade inferior (JOHN, 2000; LAURITZEN, 1998). No entanto, pesquisa realizada na Inglaterra demonstrou que apenas 3% dos consumidores desistiriam de uma compra se soubessem que o produto é reciclado enquanto 37% seriam afetados favoravelmente pelo conteúdo reciclado. Não existem pesquisas específicas sobre este fato no Brasil, mas dados de MORENO (1998), revelam que, mantido o preço e a qualidade, o consumidor prefere produtos com menor impacto ambiental. No restrito círculo de engenheiros e arquitetos brasileiros são freqüentes os questionamentos sobre a baixa qualidade do cimento contendo escória e pozolana, embora não seja observada qualquer reação contra as latas de alumínio e mesmo o aço. Talvez esta percepção tenha impedido que os maiores recicladores nacionais, a indústria

siderúrgica e a cimenteira, não tenham divulgado os benefícios ambientais que trazem.

As barreiras técnicas tanto devido à existências de normalização prescritiva quanto à sensação de risco de baixo desempenho com relação de novas tecnologias. Discutindo reciclagem de resíduos, sugere que as resistências técnicas podem ser vendidas pela demonstração, através da condução de pesquisa desenvolvida por entidade de terceira parte, de que o material apresenta desempenho técnico e ambiental igual ou superior á alternativa tradicional. Além do envolvimento de uma terceira entidade na pesquisa e desenvolvimento existe a opção dos documentos de Aprovação Técnicas, sistemas de certificação que tem por base a teoria de desempenho (HEWLLET, 1996; JOHN, 1995b) e as certificações de produtos (JOHN, 1999; LAURITZEN, 1998).

Também podem ser tomadas medidas para tornar a reciclagem fácil e mais barata. Projetar para a reciclagem ou para a desmontagem ou desconstrução e demolição pra a reciclagem (JOHN, 2000; LAURITZEN, 1998) e uma gestão de resíduos adequada de forma a simplificar o processo de reciclagem, são um bom exemplo dessas medidas.

3.7 – CONCLUSÕES.

A reciclagem é essencial para o desenvolvimento sustentável, uma vez que é impossível pensar em uma sociedade que não gere resíduos.

A reciclagem apresenta muitas vantagens potenciais – como redução de consumo de energia, redução da poluição e aterros – mas em cada situação

específica deverá ser objeto de análise sistêmica da situação concreta, com a análise do ciclo de vida, buscando verificar as melhores opções.

Dada a importância da reciclagem para o desenvolvimento sustentável, vários países desenvolveram políticas de incentivo à reciclagem, com resultados importantes. O setor industrial desenvolveu também seus conceitos, como o da simbiose industrial onde uma indústria utiliza o resíduo da outra como matéria-prima. No Brasil as políticas de incentivos à reciclagem estão se iniciando e existe um longo caminho a percorrer.

A cadeia produtiva da construção civil já é recicladora da economia, mas possui enorme potencial para aumentar o volume de materiais que recicla, dada a massa de materiais que consome, sua capilaridade regional, e as características dos seus materiais. Neste sentido a reciclagem dos resíduos de construção e demolição é um desafio importante a ser enfrentado.

4 - BIBLIOGRAFIA

AGOYAN, V. Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras. Relatório Final. São Paulo: EP USP, 5V. 1998

AGOYAN, V. Estudos dos Materiais de Construção Civil – Materiais Alternativos. IN: Tecnologia de Edificações. Pini, São Paulo, 1988, PP. 75-79.

AGOYAN, V. Materiais Reforçados com Fibras para a Construção Civil nos Países em Desenvolvimento: O Uso das Fibras Vegetais. São Paulo: EP USP, 1991 (Tese de Livre Docência).

ANGULO, S. C. Produção de concretos de agregados reciclados. (trabalho de conclusão de curso) (Disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

ANGULO, S. C.; ZORDAN, S.E; JOHN, V. M.; Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. Evento: IV Sem Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na construção civil - materiais reciclados e suas aplicações. CT206 - IBRACON. São Paulo - SP. 2001. (Disponível na Internet http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/artigoIV_ct206_2001.pdf)

ANGULO, S. C.; ULSEN, C.; JOHN, V. M.; KAHN, H.; Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD. Evento: V Sem Desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil. CT 206 - IBRACON. São Paulo - SP. 2002. (disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

ANGULO, S.C. ; KAHN, H.; JOHN, V.M.; ULSEN, C. Metodologia de caracterização de resíduos de construção e demolição. Evento: VI Seminário Desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil. CT 206 - IBRACON. São Paulo - SP. 2003. (disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

ANGULO S. C. Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. (Disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

IV Seminário “Desenvolvimento Sustentável e a reciclagem na construção civil – materiais reciclados e suas aplicações. São Paulo (Escola Politécnica da USP). Junho, 2001. Comitê Técnico CT-206 do IBRACON. (Disponível na

Internet [http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/Anais Comitê CT 206 - IV –
seminario.pdf](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/Anais_Comite_CT_206_IV_-_seminario.pdf))

BUTTLER, A M. Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto –
influência da idade da reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos
reciclados. (Tese de Mestrado) (Disponível na Internet
<http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

BRITO FILHO, J. A. Cidade Versus Entulho.: In 2^A SEM. Desenvolvimento
Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil. São Paulo, IBRACON, 1999.
P. 56-67 (Disponível na Internet: (Disponível na Internet
<http://www.reciclagem.pcc.usp.br>)

CASTILHOS JR., A G. et al. Inventário de Resíduos Industriais no Estado de
Santa Catarina: Perspectivas de uso na Construção Civil. In: I Encontro
Nacional Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Canela, R 18-21
NOV. 1997. ANTAC, P.27-36 (Disponível na Internet:
<http://www.reciclagem.pcc.usp.br>)

CAVALCANTE, J. R.; CHERIAF, M; Ensaios de Avaliação para Controle
Ambiental de Materiais com Resíduos Incorporados. In: Workshop Reciclagem
e Reutilização de Resíduos com Materiais de Construção. Anais São Paulo:
ED. Elsevier Science B. V., 1997. 886P.P.599-602.

CDIAC (CARBON DIOXIDE INFORMATION ANALYSIS CENTER) trends
on line – A compendium of data on global change. Disponível na Internet:
www.cdiac.esd.ornl.gov/trends/trends.html

CETESB Inventário das Fontes Geradoras de Resíduos Sólidos. São Paulo, 1996.

CETESB Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares. relatório Síntese. CETESB, São Paulo, 1999 62P.

CINCOTTO, M. A. Utilização de Subprodutos e Resíduos na Indústria da Construção Civil. Tecnologia de Edificações. São Paulo: PINI, 1988 P. 71-74.

CINCOTTO, M. A; KAUPATEZ, R. M. Z. Seleção de Materiais Quanto à atividade Pozolânica. Tecnologia de Edificações. São Paulo: PINI, 1988P. 23-26.

CIRELLI, S. A Produção de Concretos com agregados Reciclados. Londrina: UEL (Depto. eng. civil). 1998 70P (Trabalho e Conclusão de Curso de Engenharia Civil) (Disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br>)

DETR (Department of the Environment, Transport and the Regions) Sustainable Development: Opportunities for Change, Sustainable Construction. www.environment.detr.gov.uk/sustainable/construction/consult/index.htm.

Publicado em 04 de fevereiro de 1998(B).

DETR (Department of the Environment, Transport and The Regions) A Summary of the Responses to less waste more value: the waste strategy consultation paper for england and wales. (Disponível na Internet: www.environment.detr.gov.uk/wastestrategy/index.htm. 17 de Agosto de 1999.

DETR (Department of the Environment, Transport and the Regions) A way winthwaste. A draste strategy for england and wales. www.environment.detr.gov.uk/wastestrategy. 21 de julho de 1999.

DETR (Department of the Environment, Transport and the Regions) Report on the market Development Group. www.environment.detr.gov.uk/wastestrategy 23 de Agosto 1999.

DETR (Department of the Environment, Transport and the Regions)
Sustainable Development: Opportunities For Change (Consultation Paper on a
revised uk strategy).
www.environment.detr.gov.uk/sustainable/construction/consult/index.htm. 28
de maio de 1998.

ELETOBRAS PROCEL. (Disponível na Internet:
www.eletobras.gov.br/procel. 1998). acessado em 20 março de 2004.

EPA COMPREHENSIVE PROCUREMENT GUIDELINES.
<http://www.epa.gov/cpg/>. Acessado em 20 de março de 2005.

EPA Profile of the Non-metal, Non-fuel Mining Industry. Setembro 1995b,
95p (EPA/310-r-05-011) (Disponível na internet:
<http://www.es.epa.gov/oeac/sector/>.) Acessado em 12 de abril de 2004.

EPA . Profile of the Rubber and Plastic Products Industry. Setembro 1995b, 50p
(EPA/310-R-05-016) (Disponível na Internet: <http://www.es.epa.gov/cpg/>).
Acessado em 12 de abril de 2004.

EPA . Profile of the Stone, Clay, Glass, and Concrete Products Industry.
Setembro 1995a, 111p. (EPA/310-R-95-017) (Disponível na Internet:
<http://www.es.epa.gov/cpg/>). Acessado em 13 de abril de 2004.

EPA . Indoor air pollution – an introduction for health professionals.
(Disponível na Internet: www.epa.gov/iedweb00/pubs/hpguide.html. 1998c).
Acessado em 1 de maio de 2004.

EPA . Puzzled about recycling's value? Look Beyond the Bin. EPA, Janeiro
1998b 16p. (EPA/530-K-98-008) (Disponível na Internet: www.epa.gov/osw).
Acessado em 1 de maio de 2004.

FIESP Construbusiness 1999 – Habitação, infra-estrutura e emprego. São Paulo: Fiesp, 3º Sem Brasileiro da Indústria da Construção. 1999 26p.

HELENE, P.R.L. Construção ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. São Paulo, EP USP, 1993. 231P. (Tese de Livre Docência). (Disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br>.)

JANSSEN, M. A; VAN DEN BERG, J. SINBIOSIS: Modelling industrial metabolism in a multi-regional economy system. Dept. of Spatial Economics – Free University of Amsterdam. 16p. (disponível na Internet www.econ.vu.nl/re/MUSSIM/mussim.htm)

JOHN, V.M.; ANGULO, S.C.; AGOPYAN, V. A necessidade de uma metodologia de pesquisa e desenvolvimento para reciclagem. Evento: I Fórum das Universidades Públicas Paulistas - Ciência e Tecnologia em resíduos. Lindóia - SP. 2003. (disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

JOHN, V.M. Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. (disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

JOHN, V. M. Pesquisa e Desenvolvimento de Mercados para Resíduo In: Workshop Reciclagem e Reutilização de Resíduos como Materiais de Construção. São Paulo – SP, 1996. (Disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

JOHN, V. M. CAVALCANTE, J. R. Conclusões. In: Workshop Reciclagem e Reutilização de Resíduos como Materiais de Construção. São Paulo – SP, 1996. (Disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

JOHN, V. M. Cimento e Escória ativada com silicatos de sódio. São Paulo – SP, 1995. (Disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

JOHN, V. M. Durabilidade de materiais, componentes e sistemas. Porto Alegre. UFRGS, 1987 (Disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

JOHN, V. M. Novas tecnologias para a construção habitacional. In: II Simp. Engenharia de Produção. Bauru – SP, 1995. (Disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

JOHN, V. M. Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil. São Paulo – SP, 1999. (Disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

JOHN, V.M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da Construção. Evento: Sem Reciclagem de resíduos sólidos domésticos. São Paulo - SP. 2000. (Disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

MINISTERIO DO DESENVOLVIMENTO, INDUSTRIA E COMERCIO. Portaria nº 92, de 6 de agosto de 1998. (Disponível na Internet <http://www.mct.gov.br/conjur/portaria/por9298.htm>).

ONU Agenda 21. 1992. Disponível na THE FLETCHER SCHOOL Library Resources – Multilateral Projects. (Disponível na Internet: www.tufts.edu/fletcher/multi/chrono.html)

OLIVEIRA, M. J. E. Materiais descartados pelas obras de construção civil: estudo dos resíduos de concreto para reciclagem.(Tese de doutorado) (disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

PEREIRA, A S.Mudanças Climáticas Energias Renováveis. (Disponível na internet: www.cetesb.sp.gov.br/ambiente/muda-clima.asp)

PINTO T. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da Construção urbana. (Tese de doutorado) (disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

PINTO, T.P. Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. São Paulo. 1999. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 189p.

Relatório-SC- Mudanças Climáticas.Artigos: Aquecimento Global, Mudanças Climáticas e Energias Renováveis. (Disponíveis na Internet: www.cetesb.sp.gov.br/ambiente/muda-clima.asp)

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO
Governo do Estado Institui selo Verde para produtos que respeitam a natureza.
Disponível na internet <http://www.ambiente.sp.gov.br/not2105c.htm>

SCHNEIDER D. M. (Tese de Mestrado). Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo. (disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C. ; AGOYAN, V. O Custo do Desperdício de Materiais nos Canteiros de obras. Qualidade na Construção. São Paulo: SINDUSCON, Nº 21 ANO III, 1999. P. 64-67

TOLMASQUIM, M. (UFRJ). A Redução de emissões no Brasil: Mudanças Climática, Energias Renováveis. (Disponível na Internet: www.consciencia.br/reportagens/clima/clima.html)

UNEP (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME) Global Environment Outlook 2000 (Overview GEO 2000). Nairobi, 1999. 20p. (Versão Integral Disponível na internet www.grid.unep.ch/geo2000)

VAZ C. V; PINTO, T. P. Desenvolvimento Urbano. (Disponível na Internet: www.federativo.bndes.gov.br/dicas/doc7.html)

WRI (Word Resources Institute) – Global trends. www.igc.org/wri/trends/wasting.html

WRI (Word Resources Institute) – Facts and Figures: environmental data tables 1998-1999. (Disponível na internet: www.wri.org/wri/facts/data-tables.html)

ZORDAN S. E. A Utilização de Entulho como agregado na confecção de concreto. (disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/cetesb.pdf>)