



ANÁLISE DE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS SUSTENTÁVEIS PARA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. ESTUDO DE CASO EM SERVIÇOS DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL

Claudio Cabral Feijo

(UFF)

Sérgio Luiz Braga França

(UFF)

Franchiesco Bittencourt França Caetano

(UFF)

Resumo

Este artigo tem como objetivo analisar técnicas construtivas sustentáveis para indústria da construção civil e demonstrar como a metodologia produção mais limpa pode ser aplicada nas Construtoras, buscando benefícios econômicos e ambientais nos processos construtivos. A Produção mais Limpa busca identificar as causas e agir de forma preventiva na geração de resíduos, ou seja, é uma metodologia para gestão de processos com foco na redução do impacto ambiental, que pode ser utilizada em processos, produtos ou serviços. Esta pesquisa foi elaborada com base em pesquisa bibliográfica, documental, e na análise de casos apresentado no guia Produção mais Limpa em Edificações, elaborado pelo CNTL/SENAI-RS. Por fim, conclui-se que a execução de um empreendimento permite a implementação de técnicas construtivas sustentáveis que reduzem o custo e o impacto ambiental, bem como melhora o desempenho na área de saúde e segurança do trabalho e promove o desenvolvimento econômico da comunidade localizada ao entorno da obra.

Palavras-chaves: construção civil, construção sustentável, produção mais limpa

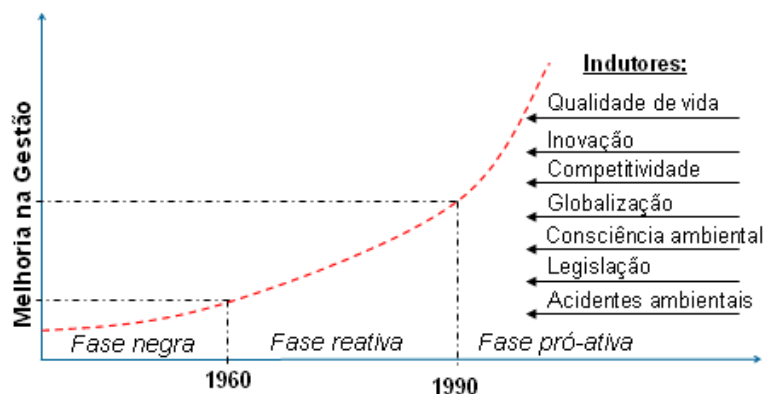
1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor que tradicionalmente não apresenta grandes mudanças no processo construtivo. Com o passar dos anos, novas exigências legais e a competitividade do setor representam fatores importantes para a mudança nas práticas implantadas. A preocupação com desperdícios de materiais, custos e o meio ambiente se torna presente no modelo de gestão das construtoras que buscam sobreviver em longo prazo.

O conceito de Desenvolvimento Sustentável é motivado por uma nova realidade: a escassez de recursos naturais e a discrepância entre as classes sociais. As atividades da construção civil têm relação direta com esta nova realidade, e por isso a necessidade de minimizar e controlar impactos ambientais, bem como adotar condições de trabalho adequadas no canteiro de obra.

Para as empresas se manterem no mercado, torna-se importante a busca pelo desenvolvimento sustentável. Neste sentido, o gráfico abaixo apresenta a evolução da consciência ambiental que vem sendo incorporadas na gestão das empresas. As razões que justificam tal afirmação são numerosas, a saber: a busca pela qualidade de vida, fontes de financiamento para inovação tecnológica, competitividade, globalização, consumidores mais conscientes, novas leis, e principalmente os acidentes ambientais que representam marcos para as mudanças nas diretrizes estratégicas empresariais e nos procedimentos operacionais.

Gráfico 1: Evolução da Consciência Ambiental Empresarial



Fonte: FRANÇA, S. (2007)

A partir das razões apresentadas acima, observa-se um avanço sem precedentes na evolução da competitividade empresarial. As tecnologias de fim-de-tubo não mais respondem aos anseios da sociedade na busca pelo desenvolvimento sustentável. Oliveira Filho (2001) descreve que a solução tecnológica do tipo fim-de-tubo corre atrás dos prejuízos ambientais causados por um sistema produtivo, remediando os seus efeitos, mas sem combater as causas que os produziram. Ao contrário, as tecnologias de P+L contemplam mudanças nos produtos e processos produtivos a fim de reduzir ou eliminar todo tipo de rejeitos antes que eles sejam criados.

2. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Um estudo da UNEP (2010), afirma que a sustentabilidade na construção não é apenas um desafio local, mas de caráter global, pois inúmeros obstáculos precisam ser transpassados conforme os dados a seguir:

- 1,8 bilhões de pessoas irão sofrer por escassez de água até 2025 principalmente na Ásia e na África,
- 1,6 bilhões estão sem acesso à energia elétrica,
- Cada ano 2 milhões de pessoas morrem prematuramente devido a poluição do ar,
- Atualmente 1 bilhão de pessoas habitam em favelas sem água e saneamento,
- Milhões de pessoas estão ameaçadas pelas enchentes relacionadas às mudanças climáticas.

Segundo Furtado (2005), a construção civil é um dos ramos de maior influência nas atividades socioeconômicas, porém, contribui com importante parcela para a deterioração ambiental. Segundo o autor, uma análise de dados levantados nos Estados Unidos, considerados válidos para a construção civil nos demais países industrializados, aponta para os seguintes indicadores: utilização de 30% das matérias primas, 42% do consumo de energia, 25% para o de água e 16% para o de terra. O segmento contribui com 40% da emissão atmosférica, 20% dos efluentes líquidos, 25% dos sólidos e 13% de outras liberações. Estes números demonstram a relevância do tema e a necessidade da busca por ações voltadas para a redução do impacto ambiental na construção civil.

Florim & Quelhas (2005) relatam que a instalação e o funcionamento de empreendimentos habitacionais de forma inadequada (projetos mal concebidos, descondição dos condicionantes do meio físico, análise sócio-econômica insuficiente, ausência de medidas de mitigação, entre outros aspectos) têm levado a situações de degradação ambiental no local de intervenção, causando prejuízos ao próprio empreendimento e gerando impactos ambientais que extrapolam a área do projeto. Isso acarreta redução da qualidade de vida da população e elevação se apercebem da gravidade da situação unicamente nos momentos em que, acudados, vêm a ineficiência de suas ações preventivas (PINTO, 1999).

A urbanização acelerada e o rápido adensamento das cidades de médio e grande porte têm provocado inúmeros problemas para a destinação do grande volume de resíduos gerados em atividades de construção, renovação e demolição de edificações e infra-estrutura urbanas, condicionando os gestores públicos a adotarem soluções mais eficazes para a gestão desses resíduos.

Ambrozewicz (2003) e Yin (2008) salientam que o setor da construção civil apresenta uma série de peculiaridades que o diferencia dos demais setores industriais, dentre as quais se destacam o caráter nômade, com dificuldade de

constância de materiais e processos; produtos geralmente únicos e não seriados; produto fixo e operários móveis, ao contrário da produção em cadeia (produtos móveis e operários fixos), dificultando a organização e o controle; indústria muito tradicional, com grande resistência às alterações; uso de mão-de-obra pouco qualificada, com escassas possibilidades de promoção; trabalho sujeito às intempéries; longo ciclo de aquisição, uso, reaquisição, com pouca repercussão posterior da experiência do usuário; emprego de especificações complexas, quase sempre contraditórias e muitas vezes confusas; responsabilidades dispersas e pouco definidas; grau de precisão quanto a orçamento, e prazos e características muito menores do que em outras indústrias.

A ineficiência produtiva resulta em prejuízos ambientais e econômicos, os quais afetam diretamente a competitividade das organizações e a qualidade de vida da humanidade. Para o setor de construção civil, em especial, delineia-se uma nova realidade, ou seja, a busca pela sobrevivência num mercado cada vez mais competitivo e exigente, onde a redução de custos através de uma maior eficiência do processo representa um importante diferencial de mercado.

O desperdício é uma das características marcantes do setor e um dos indicadores dos custos de não-qualidade dentro das empresas. Segundo Souza (1995), o desperdício se manifesta na empresa construtora da seguinte forma:

- devido a falhas ao longo do processo de produção, como a perda de materiais que podem sair da obra na forma de entulho ou ficar agregados a ela sem nenhuma função (o entulho que fica); o retrabalho feito para corrigir serviços em não conformidade com o especificado; tempos ociosos de mão-de-obra e equipamentos por deficiência de planejamento de obras e ausência de uma política de manutenção de equipamentos;
- através de falhas nos processos gerenciais e administrativos da empresa: compras feitas apenas na base do menor preço; deficiências nos sistemas de informação e comunicação da empresa; programas de seleção, contratação e treinamento inadequado; perdas financeiras por deficiência de contratos e atrasos de obra; retrabalho administrativo nas diversas áreas da empresa;
- em função de falhas na fase de pós-ocupação das obras, caracterizadas por patologias construtivas com necessidade de recuperação e altos custos de manutenção e operação, com prejuízo da imagem da empresa junto ao mercado.

A política de proteção ambiental do setor de construção civil, atualmente, é voltada para gestão de resíduos sólidos da obra, com base na Resolução 307/2002 do CONAMA, que consiste na separação, quantificação, armazenamento e destinação correta pelos seus geradores, instaurando o princípio do poluidor-pagador. Entretanto, sabe-se que o atendimento desta Resolução não é viabilizada rapidamente, além de exigir tecnologias que envolvem recursos financeiros.

3. PRODUÇÃO MAIS LIMPA

3.1 CONCEITO

Com o objetivo de reduzir o impacto ambiental e o consumo de recursos naturais, a UNIDO (Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento

Industrial) e a UNEP (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) criaram um programa para a disseminação das práticas de P+L no mundo. No Brasil, em 1995, foi criado o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL), sediado na Federação das Indústrias do Rio Grande do Sul – FIERGS. Em 1999, foi criada a Rede Brasileira de Produção mais Limpa, distribuída hoje por mais de 20 Estados, envolvendo instituições como governo, bancos, indústria e universidades. Esta Rede tem como objetivo promover o desenvolvimento sustentável nas empresas brasileiras, difundindo o conceito da Ecoeficiência e a metodologia da Produção mais Limpa.

De acordo com o CNTL a “Produção mais Limpa é aplicação de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômica” (CNTL/SENAI–RS, 2003).

Neste sentido, a Produção mais Limpa não representa uma solução para um problema isolado, mas uma ferramenta lucrativa para estabelecer um conceito multidisciplinar e integrado. Algumas razões que levam a implantação da metodologia P+L são:

- reduz os custos da produção,
- melhora a eficiência do processo e a qualidade do produto, assim contribuindo para a inovação industrial e a competitividade;
- reduz os riscos aos trabalhadores e comunidade;
- proporciona melhorias na imagem da empresa;

Conforme o CNTL (2004), a implantação de técnicas de P+L em processos produtivos permite a obtenção de soluções que venham a contribuir para a solução definitiva dos problemas ambientais, já que a prioridade da metodologia está baseada na identificação de opções de não geração dos resíduos.

Para Nascimento (2004), a P+L é, antes de tudo, uma ação econômica, porque se baseia no fato de que qualquer resíduo de qualquer sistema produtivo só pode ser proveniente das matérias-primas ou insumos de produção utilizadas no processo. Todos os resíduos, ontem, eram matéria-prima e foram comprados e pagos como tal.

Entretanto o CNTL (2004) descreve que a P+L não é apenas um tema ambiental e econômico, mas também um tema social, pois considera que a redução da geração de resíduos em um processo produtivo, muitas vezes, possibilita resolver problemas relacionados à saúde e à segurança ocupacional dos trabalhadores.

Desenvolver a P+L minimiza estes riscos, na medida em que são identificadas matérias-primas e insumos menos tóxicos, contribuindo para a melhor qualidade do ambiente de trabalho.

Para o CNTL (2007), na abordagem tradicional, o primeiro item a ser considerado é a disposição do resíduo e por último a sua não geração. Já considerando a P+L, esse ciclo é o inverso: primeiro se busca não gerar, para só se não houver saída dispor. Um resíduo não gerado é um resíduo que não necessita

ser segregado, transportado, armazenado e nem disposto. Portanto, fica claro que se eliminam esses custos quando não se gera o resíduo.

3.2 Critério de Priorização das Oportunidades de P+L

Com o objetivo de facilitar o entendimento da aplicação da Produção mais Limpa na construção civil, segue abaixo mapeamento das principais entradas (matéria prima, água e energia) e saídas (resíduos, efluentes e emissões) do processo construtivo de uma edificação residencial.

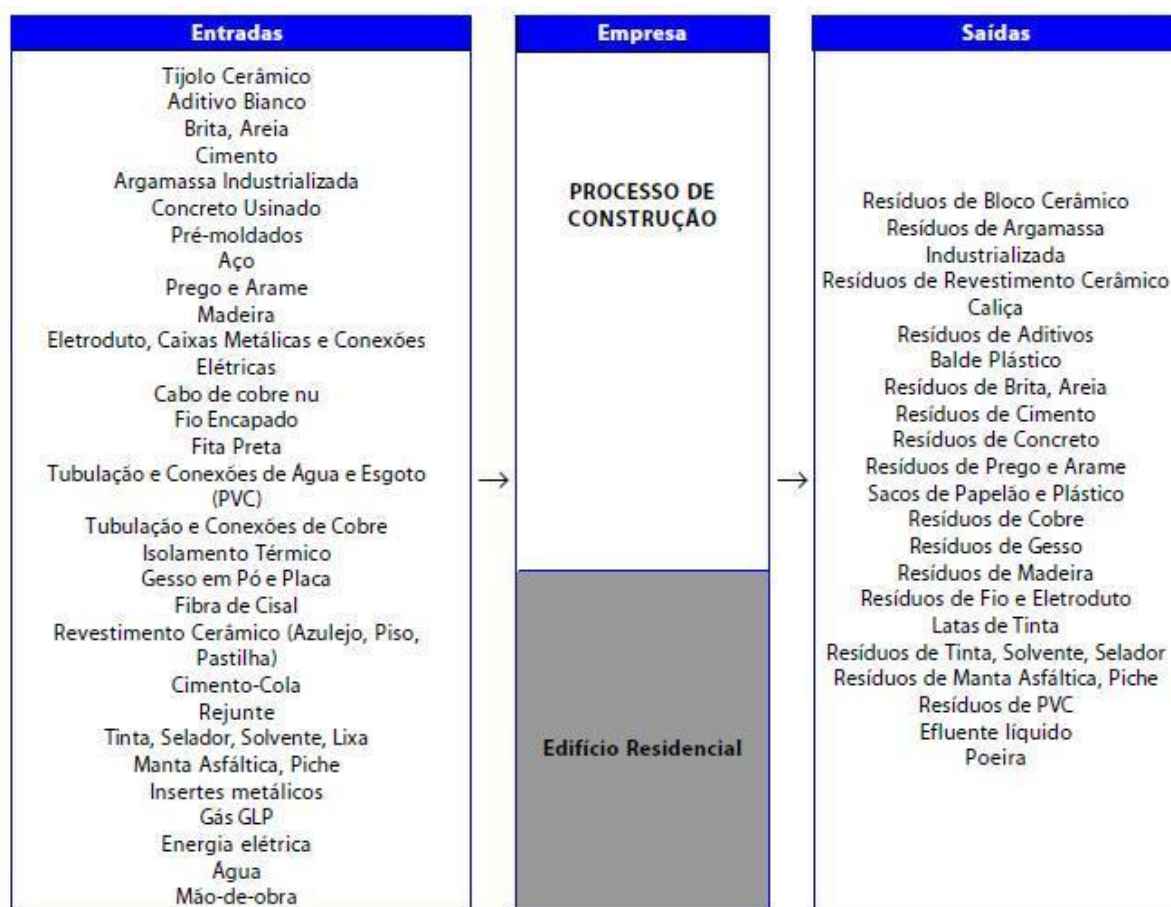


Figura 1: Mapeamento das Entradas e Saídas do Processo Construtivo
Fonte: CNTL (2007)

O CNTL identifica 3 níveis de aplicação da Produção mais Limpa, conforme será apresentado abaixo

a) Nível 1 - Redução na fonte

Recomenda-se a priorização com oportunidades que buscam resolver o problema na fonte. Estas incluem modificações tanto no processo de produção quanto no próprio produto.

a. 1) Modificações no processo

Caracteriza-se como o uso cuidadoso de matérias-primas e dos processos, incluindo mudanças organizacionais, em função da padronização de procedimentos e a definição de novos parâmetros e indicadores. Na maioria dos casos, estas são as medidas economicamente mais interessantes e de fácil implantação.

Oportunidades de P+L	Exemplos de Aplicação na Construção Civil
Substituição do produto / Modificação do design do produto	Definir a metragem quadrada dos ambientes em função do dimensionamento das cerâmicas e paginação
Aumento da longevidade	Definir memorial de especificação considerando aumento da longevidade das matérias primas utilizadas nas atividades e produtos. Exemplo: tipos de cerâmicas, estruturas de telhado
Uso de materiais recicláveis	Utilizar entulho triturado em pavimentação de estradas e aterro de vias de acesso
Viabilização do retorno de produtos	Comparar o uso da argamassa industrializada com a virada em obra
Substituição de itens do produto	Identificar alternativas para reuso interno das embalagens de cimento e cal
Alteração de dimensões do produto para um melhor aproveitamento da matéria prima	Planejar melhor para minimizar o desperdício de madeira na execução da forma e da desforma

Quadro 1: Oportunidades de Modificação no Processo e a Aplicação na Construção Civil
Fonte: o autor

A priorização das oportunidades de Produção mais Limpa deve contemplar primeiramente a análise das práticas operacionais e buscar soluções de *housekeeping*, também conhecidas como Boas Práticas de P+L. As economias proporcionadas pelas boas práticas operacionais podem viabilizar novos investimentos na empresa, inclusive em novas tecnologias.

O quadro abaixo apresenta algumas boas práticas de P+L (modificação de processo, *housekeeping*) e exemplos de sua aplicação na construção civil.

Oportunidades de P+L	Exemplos de Aplicação na Construção Civil
Mudança na dosagem e na concentração de produtos	Usar de material conforme especificação do fornecedor
Maximização da utilização da capacidade do processo produtivo	Definir indicadores de resíduos cerâmicos
Reorganização dos intervalos de limpeza e de manutenção	Manter o canteiro de obra organizado
Eliminação de perdas devido à evaporação e a vazamentos	Elaborar programa de inspeção na rede hidráulica
Melhoria de logística de compra, estocagem e distribuição de matérias-primas, insumos e produtos	Definir <i>lay out</i> do canteiro de obra, com base na redução do desperdício e redução do impacto ambiental

Elaboração de manuais de boas práticas operacionais, treinamento e capacitação de pessoal envolvido no programa de P+L	Incorporar oportunidades de P+L nos procedimentos de execução das atividades de obra, por exemplo, definição da paginação na atividade Revestimento Cerâmico
Alteração dos fluxos de material, pequenos ajustes de Layout	Definir paginação das paredes para evitar corte de tijolos nos vão das esquadrias.
Melhoria do sistema de informação	Implantação de ferramenta computacional com o objetivo de integrar os departamentos: obras, planejamento e financeiro.
Padronização de operações e procedimentos	Mapeamento de processos, identificando as entradas (matéria prima, energia e água) e saídas (resíduos, efluentes e emissões)
Substituição de matérias-primas e fornecedores	Identificar insumos ecoeficientes: tintas a base de água, tijolos com acabamento definitivo

Quadro 2: Oportunidades de Modificação de Processo e a Aplicação na Construção Civil
Fonte: o autor

a.2) Modificações no produto

Após as oportunidades mais simples terem sido esgotadas, as modificações no produto devem ser identificadas.

As modificações no produto podem melhorar o desempenho ambiental nas atividades de produção, utilização e disposição do produto. As modificações no produto incluem:

Oportunidades de P+L	Exemplos de Aplicação na Construção Civil
Substituição do produto / Modificação do design do produto	Definir a metragem quadrada dos ambientes em função do dimensionamento das cerâmicas e paginação
Aumento da longevidade	Definir memorial de especificação considerando aumento da longevidade das matérias primas utilizadas nas atividades e produtos. Exemplo: tipos de cerâmicas, estruturas de telhado
Uso de materiais recicláveis	Utilizar entulho triturado em pavimentação de estradas e aterro de vias de acesso
Viabilização do retorno de produtos	Comparar o uso da argamassa industrializada com a virada em obra
Substituição de itens do produto	Identificar alternativas para reuso interno das embalagens de cimento e cal
Alteração de dimensões do produto para um melhor aproveitamento da matéria prima	Planejar melhor para minimizar o desperdício de madeira na execução da forma e da desforma

Quadro 3: Oportunidades de Modificação no Produto e a Aplicação na Construção Civil
Fonte: o autor

a.3) Modificações tecnológicas

As modificações variam entre as oportunidades de simples implantação até oportunidades mais complexas, que envolvem a redução no tempo de execução das atividades, redução do consumo de energia, de água e a utilização de matérias-primas.

As oportunidades de Produção mais Limpa precisam ser analisadas, buscando menor custo e maior benefício ambiental. As modificações tecnológicas incluem:

Oportunidades de P+L	Exemplos de Aplicação na Construção Civil
Tecnologias que realizam a segregação de resíduos e de efluentes	Identificar tecnologias para separação de resíduos e efluentes impróprios para reuso
Modificação nos parâmetros de processo	Identificar fontes de financiamento para investir em inovação tecnológica no processo construtivo
Substituição completa da tecnologia	Identificar tecnologias viáveis para o uso de energia solar e eólica.

Quadro 4: Oportunidades de Modificação Tecnológica e a Aplicação na Construção Civil
Fonte: o autor

b) Nível 2 - Reciclagem interna

Os resíduos que não podem ser evitados com a ajuda das medidas preventivas (redução na fonte) devem ser reintegrados ao processo de produção. Isto pode significar:

Oportunidades de P+L	Exemplos de Aplicação na Construção Civil
Utilizar as matérias-primas ou produtos novamente para o mesmo propósito	Reuso de madeira para a estruturação do telhado
Utilizar as matérias-primas ou produtos usados para um propósito diferente	Reuso da madeira da estrutura de telhado para o escoramento de lajes
Realizar a utilização adicional de um material para um propósito inferior à sua utilização original	Reuso dos pedaços de cerâmica (cortes) para criação de mosaicos
Recuperação de compostos intermediários do processo ou de resíduos de etapas de processos	Reuso de argamassa

Quadro 5: Oportunidades de Reciclagem Interna e a Aplicação na Construção Civil
Fonte: o autor

c) Nível 3 - Reciclagem externa

As oportunidades de Produção mais Limpa relacionadas à reciclagem externa devem ser adotadas em última instância, pois não se garante o manejo adequado do resíduo, ou seja, a empresa geradora do resíduo transfere o problema ambiental.

Na maioria dos casos é mais lucrativo finalizar os ciclos de produtos dentro da própria empresa, mas caso não seja possível, então deve-se buscar a reciclagem externa.

Oportunidades de P+L	Exemplos de Aplicação na Construção Civil
Reciclagem externa de resíduos	Identificar clientes para compra de embalagens de tinta

Quadro 6: Oportunidades de Reciclagem Externa e a Aplicação na Construção Civil
Fonte: o autor

3.3 PLANO DE CONTINUIDADE

A elaboração do Plano de Continuidade, previsto na Produção mais Limpa, é um dos diferenciais desta metodologia. Para cada oportunidade de Produção mais Limpa identificada é necessário elaborar um estudo de viabilidade econômica, de forma que a equipe do projeto defina as ações que serão implantadas em curto, médio e longo prazo, conforme o critério abaixo que relaciona investimento e benefício ambiental.

Ações	Conceito Produção mais Limpa	Investimento
Curto Prazo	Prevenção, reduzir na fonte a geração de resíduos	Nulo ou baixo
Médio Prazo	Reciclagem interna, reutilização	Médio
Longo Prazo	Reciclagem externa	Alto

Quadro 7: Critério para Priorização das Oportunidades de Produção mais Limpa
Fonte: o autor

Com base no Plano de Continuidade, a implantação da Produção mais Limpa se torna atrativa para as micro e pequenas empresas.

4. PRODUÇÃO CIENTÍFICA

Segundo Molinari (2010), a evolução da produção científica sobre Produção mais Limpa ao longo dos anos vem crescendo exponencialmente. O número total de artigos publicados em 2010 no Journal of Cleaner Production foi seis vezes maior do que o número de publicações realizadas há dez anos neste periódico, conforme pode ser observado no gráfico abaixo:

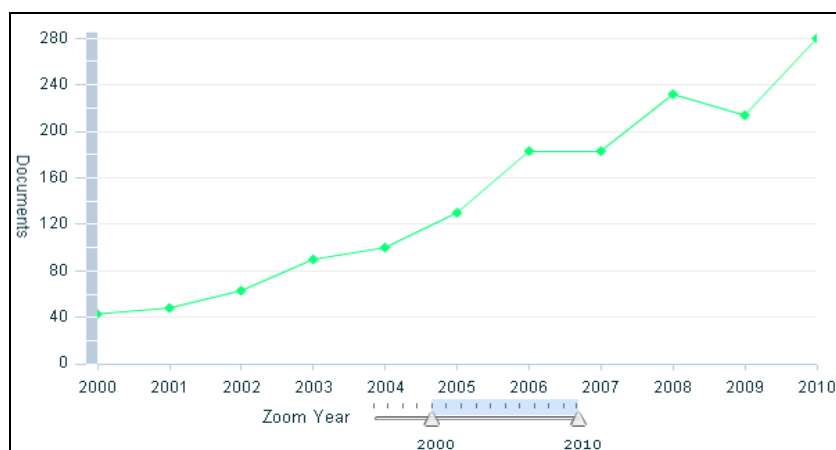


Gráfico 02 – Produção científica de P+L no Journal of Cleaner Production
Fonte: SCOPUS Disponível em: <www.periodicos.capes.gov.br>. Acesso em 18.out 2010.

Na base SCOPUS, foram pesquisados os artigos mais citados sobre P+L publicados nos últimos dez anos a partir do ano 2000. Esta pesquisa obteve 714 artigos que apresentaram um índice h igual a 21 (Molinari, 2010). O índice h, criado por J.E. Hirsch em 2005 na Universidade da Califórnia nos Estados Unidos consiste em um índice que mede a quantidade de citações em artigos.



Gráfico 03 – Gráfico do índice h de artigos de PmaisL publicados em dez anos.
Fonte: SCOPUS Disponível em: <www.periodicos.capes.gov.br>. Acesso em 18.out 2010.

O índice h igual a 21 significa que do total dos 714 artigos selecionados para produzir o gráfico da Gráfico 01, o artigo número 21 classificado na ordem decrescente de quantidade de citações, foi citado pelo menos 21 vezes. Outros artigos que estão abaixo deste número de citações embora sejam considerados, são menos relevantes pela quantidade de vezes que foram citados. O Gráfico 01 apresenta os artigos mais relevantes do índice h.

As informações apresentadas evidenciam a busca por soluções sustentáveis a partir da Metodologia Produção mais Limpa, em nível nacional e internacional.

5. ESTUDOS DE CASO

5.1 BREVE DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

O CNTL/SENAI-RS, em 2007, lançou o guia “Produção Mais Limpa em Edificações”, que tem como objetivo apresentar às empresas e a profissionais do ramo da construção civil algumas das medidas implantadas por empresas que já adotaram esta prática, auxiliando-as no processo de implementação de P+L. Seguem dez estudos de caso disponibilizados neste guia:

Estudo de Caso 1:

Minimizar o desperdício de madeira na etapa de estrutura - forma e desforma das lajes

Descrição: Este estudo buscou a redução na quantidade de chapas de compensado necessárias para a montagem e desmontagem das lajes dos pavimentos.

Primeiramente os parâmetros foram medidos em uma laje feita na forma habitual; depois em outra laje executada de acordo com um projeto do engenheiro da obra, para otimizar o uso das chapas.

Indicadores: Os principais indicadores utilizados para a avaliação desse estudo foram:

- Consumo de madeira e compensado por produção de forma;
- Geração de resíduos de madeira e compensado por total de geração de resíduos de madeira e compensado;
- Custo de madeira e compensado por produção de forma;
- Custo com resíduos por produção de forma.

Resultados

- **Benefício econômico**

R\$15.760,00 para todo o empreendimento (duas torres de 14 andares cada uma).

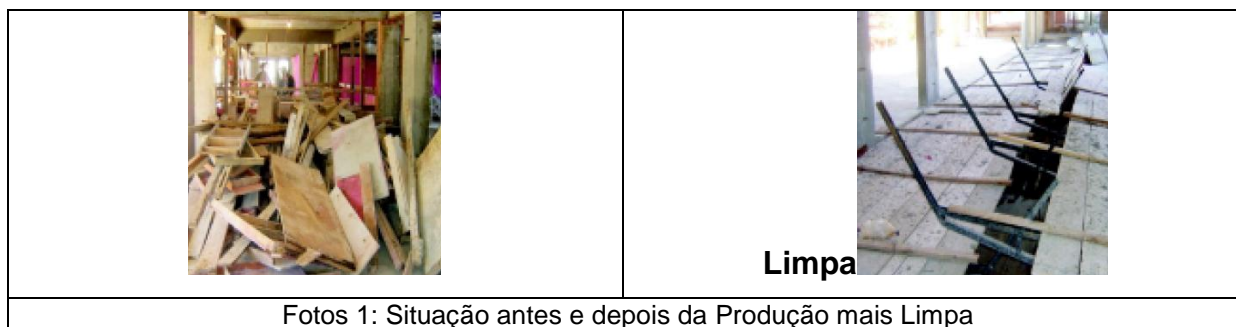
- **Benefício ambiental**

Redução no consumo de madeira e de 20 chapas de compensado por laje, ou 720 chapas para toda obra, representando 1.344 m² de chapas de compensado.

- **Benefício Adicional**

Criação inicial da cultura pela busca da não geração de resíduos e melhoria contínua dos processos.

Antes da Produção mais Limpa	Depois da Produção mais
------------------------------	-------------------------



Estudo de Caso 2:

Minimizar o desperdício de tijolos na etapa de alvenaria

Descrição: este estudo buscou acompanhar o trajeto dos tijolos dentro do canteiro de obras, até serem posicionados na alvenaria, buscando minimizar a quantidade de resíduos. Este estudo tem como meta 4% do valor das perdas, sendo este considerado um valor satisfatório para a empresa.

Indicadores: Os principais indicadores utilizados para a avaliação desse estudo foram:

- Consumo de tijolos por área executada;
- Geração de resíduo por área executada;
- Custo de material por área executada;
- Custo da geração de resíduos por produção de área.

Resultados:

- **Benefício econômico**

R\$ 2.097,02 em relação à quantidade de matéria-prima adquirida.

- **Benefício ambiental**

27 m³ a menos de resíduos de tijolos gerados e que teriam de ser transportados e dispostos. Além disso, uma redução no consumo de tijolos de 9.900 unidades, que também não necessitarão ser transportados e armazenados.

- **Benefício de segurança e saúde ocupacional**

Redução de todo e qualquer problema que possa ser gerado com o manuseio desses tijolos, como por exemplo: a possibilidade de quebra desse tijolo e conseqüentemente possíveis danos aos funcionários; a geração de poeira; os danos ergonômicos gerados nesse transporte, etc.

Antes da Produção mais Limpa	Depois da Produção mais
-------------------------------------	--------------------------------



Estudo de Caso 3:

Benefícios da paginação na aplicação dos azulejos e das cerâmicas

Descrição: Esse estudo buscou medir a importância da paginação antes da colocação das cerâmicas e dos azulejos em banheiros. Primeiramente foi medida a aplicação de azulejos e cerâmicas na forma habitual dentro da empresa. Posteriormente foi executada a paginação e novamente foram realizadas as medições.

Indicadores: Os principais indicadores utilizados para a avaliação desse estudo foram:

- Geração de resíduos de azulejo por área revestida;
- Consumo de azulejos por área revestida;
- Custos dos resíduos de azulejo por área revestida.

Resultados:

- **Benefício econômico**

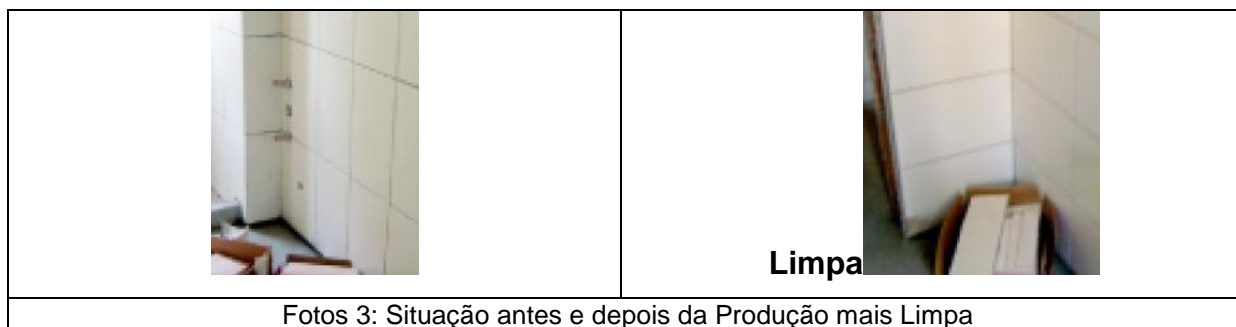
Redução de 10% no valor gasto para a execução do revestimento.

- **Benefício ambiental**

Redução de 6% na quantidade de azulejos utilizados.

Redução de 47% na quantidade de resíduos gerados.

<p>Antes da Produção mais Limpa</p>	<p>Depois da Produção mais</p>
--	---------------------------------------



Estudo de Caso 4:

Avaliar o custo das alterações dos clientes em relação ao projeto original

Descrição: A empresa tem como característica a personalização das unidades, conforme o desejo de seus clientes.

Objetivou-se com esse estudo quantificar e avaliar as adaptações solicitadas pelos clientes, buscando soluções para o problema, minimizando a quantidade de resíduos gerados e/ou encontrando o valor a agregar no preço de venda da unidade.

Indicadores: Os principais indicadores utilizados para a avaliação desse estudo foram:

- Geração de resíduo por área construída;
- Consumo total de matéria-prima por área executada;
- Custo total por área construída;
- Custo da mão-de-obra por área executada.

Resultados:

- **Benefício econômico**

Redução de 127% do valor previsto para a alvenaria.

- **Benefício ambiental**

Redução na geração de resíduos sólidos em 5 m³ de calça, o que reduziu a quantidade de resíduo transportado e armazenado internamente.



Estudo de Caso 5:

Comparação entre a argamassa industrializada e a convencional

Descrição: Nas obras realizadas pela empresa, a argamassa é feita de forma convencional, ou seja, virada na obra. A betoneira fica no andar em que a argamassa será aplicada e a matéria-prima é levada até ela. Em seguida, a argamassa pronta é aplicada na alvenaria.

Deseja-se com esse estudo comparar as vantagens e as desvantagens do processo convencional e do processo industrializado.

Indicadores: Os principais indicadores utilizados para a avaliação desse estudo foram:

- Consumo total de materiais por produção de argamassa;
- Consumo de argamassa por área de aplicação;
- Geração de resíduo de embalagens por produção de argamassa;
- Custo total do revestimento por área aplicada.

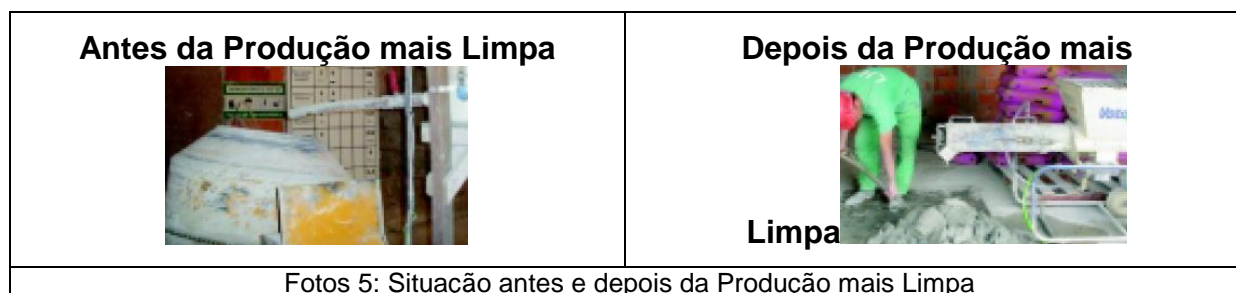
Resultados:

- **Benefício econômico**

Desvantagem econômica de R\$ 2.442,27 em relação à argamassa industrializada, considerando os custos com matéria-prima e mão-de-obra. No entanto, é possível obter uma redução nos custos, utilizando uma espessura menor de reboco na parede, e aumentando a produtividade.

- **Benefício ambiental**

A argamassa industrializada consome aproximadamente 15.504 kg a menos de areia que a virada em obra. Contudo, a geração de resíduos de embalagens de papelão da argamassa industrializada é aproximadamente 2,5 vezes maior que a virada em obra.



Estudo de Caso 6:

Otimização do Processo Produtivo de Piso Cerâmico visando a minimização dos resíduos gerados

Descrição: A empresa estima uma perda padrão (no momento da compra das matérias primas) no processo de colocação dos pisos cerâmicos e/ou de pedras nobres, mas não mensura diretamente as perdas durante a fase de produção. Não há controle da produtividade do empreiteiro responsável em termos de consumo de material ou de desperdício.

A otimização das condições globais do processo produtivo, desde a fase de recebimento, armazenagem e transporte dos insumos até a fase de execução e

controle pode criar subsídios para um menor consumo de matérias-primas e para a gestão dos resíduos produzidos. Adicionalmente, podem-se avaliar as condições de qualidade executiva dos empreiteiros envolvidos.

Indicadores: Os principais indicadores utilizados para a avaliação desse estudo foram:

- Consumo total de porcelanato por área de piso;
- Consumo total de cimento-cola por área de piso.

Resultados:

- ***Benefício econômico***

Economia de aproximadamente R\$ 4.000,00 para os serviços executados na obra.

- ***Benefício ambiental***

Redução de aproximadamente 37 m² de piso de porcelanato através da compra racionalizada dos insumos necessários à execução dos pisos em porcelanato e segregação das embalagens para reciclagem/revenda.

Estudo de Caso 7:

Redução da Geração de Resíduos de Gesso acartonado pelo reaproveitamento das chapas.

Descrição: Embora os sistemas de dry-wall sejam considerados mais eficientes do que outros métodos convencionais de vedação e acabamento de ambientes internos de edificações, não há na empresa uma avaliação do impacto deste subsistema, quanto ao desperdício de materiais (característicos da técnica) e ao volume de resíduos gerado. Como melhorias propostas procurou-se:

- Verificação dos resíduos gerados pela empresa terceira;
- Procurou-se aumentar o reaproveitamento das chapas, gerenciando através de controle mais rígido do empreiteiro, transporte e reaproveitamento das placas entre os andares, adequação dos projetos às características do subsistema e geração de informação para servir de comparativo com sistemas convencionais de gesso em tetos.

Indicadores: Os principais indicadores utilizados para a avaliação deste estudo foram:

- Consumo de placas de gesso por andar executado.

Resultados:

- ***Benefício Econômico:***

Economia de R\$ 80,00/andar nas chapas de gesso;

Economia de R\$ 1.120,00, decorrente da redução dos insumos.

- ***Benefício Ambiental:***

Redução dos resíduos gerados de 322 m de chapas para 280 m (13% do total global);

Reaproveitamento de 10% das chapas de gesso.

Estudo de Caso 8:

Aproveitamento de embalagens de tinta para reciclagem.

Descrição: Este estudo visa à correta destinação de embalagens de tintas reduzindo os custos provenientes do descarte das mesmas, passando a revendê-las, gerando benefícios econômicos e ambientais.

Indicadores: Foram avaliados os seguintes indicadores:

- Lucros com a venda do material;
- Custos com o descarte das embalagens.

Resultados:

- **Benefício econômico:**

Benefício de R\$ 1.151,76, proveniente da venda das embalagens de tinta. A empresa deixou de gastar em frete para levar as embalagens embora do canteiro, equivalente a R\$ 45,00 para 200 latas de tinta.

- **Benefício ambiental:**

Redução na geração de entulhos;

Redução de riscos ambientais (resíduo Classe A);

Maior conscientização do colaborador no manuseio e no gerenciamento dos resíduos;

Central de tratamento de resíduos de pintura no canteiro de obras.

Estudo de Caso 9:

Redução da perda de cimento no processo de descarga

Descrição: Com este estudo de caso procurou-se estabelecer procedimentos operacionais na Central de Concreto para evitar problemas relacionados à perda de cimento durante o processo de descarga dos caminhões nos silos de estocagem. Esta perda ocorria na parte superior do silo e estava relacionada com a pressão da bomba do caminhão que transportava cimento até o silo. A solução adotada foi a substituição dos filtros mangas utilizados e a verificação da vida útil destes equipamentos, planejando a periodicidade de troca.

Resultados

- **Benefício econômico**

Redução de 30% na perda de cimento, correspondendo a um ganho econômico anual de R\$ 8.356,88.

- **Benefício ambiental**

Redução significativa do impacto ambiental e melhora nas condições de trabalho e saúde dos funcionários.

Estudo de Caso 10:

Redução no desperdício de matéria-prima com paginação da alvenaria

Descrição: Este estudo visou um melhor aproveitamento da matéria-prima através da paginação da alvenaria. Antes da implementação da Produção mais Limpa eram realizados cortes improvisados, ocorrendo a quebra de diversos tijolos e um grande consumo de massa de assentamento.

Resultados

- **Benefício econômico**

Gerou-se um benefício econômico de R\$ 15.920,00 ao ano

- **Benefício ambiental**

Não geração de 26.378 Kg de resíduos

5.2 BENEFÍCIOS CONSOLIDADOS DOS ESTUDOS DE CASO

Os dez estudos de caso apresentados foram implantados em sete construtoras, onde em três construtoras foram implantadas dois casos. Segundo Goron *et al.* (2009) o trabalho realizado trouxe diversos resultados, que na sua grande maioria pode-se considerar que os resultados obtidos foram ganhos, além da melhoria geral dos canteiros de obras observando-se obras mais limpas e organizadas.

O Quadro 8 apresenta o resultado dos estudos de caso em relação aos benefícios ambientais consolidados.

Benefícios Ambientais	Unidade	Quantidade
Redução no consumo de matéria-prima	t	312,00
Minimização da geração de resíduos sólidos	m ³	277,44

Quadro 8: Benefícios ambientais consolidados
Fonte: Goron *et al.* (2009)

Observa-se que a implantação de práticas simples, com poucas empresas, pode gerar um bom resultado ambiental: 312 toneladas de matérias-primas deixaram de ser consumidas. Por outro lado, deixou-se de gerar, segregar, armazenar, transportar e dispor aproximadamente 277 m³ de resíduos, ou, aproximadamente 55 caçambas de resíduos não foram dispostas de forma inadequada.

O Quadro 9 apresenta o resultado dos estudos de caso em relação aos benefícios econômicos consolidados.

Empresas	Investimento (R\$)	Benefício Econômico (R\$)
Todas (07)	Nulo	38.077

Quadro 9: Benefícios econômicos consolidados
Fonte: Goron *et al.* (2009)

O resultado econômico consolidado dos estudos de caso foi de aproximadamente R\$ 38.000,00. É importante salientar que em nenhum dos casos

houve qualquer tipo de investimento. Esta parece ser uma das principais razões para se investir em Produção mais Limpa. Apenas com a implementação de algumas Boas Práticas, que não requerem maiores recursos, dentro do canteiro, consegue-se obter rapidamente ganhos econômicos significativos (Goron *et al*, 2009).

Os benefícios ambientais e econômicos apresentados são aqueles que foram contabilizados, mas existem os outros benefícios que podem ser alcançados por meio da Produção mais Limpa. Segundo Goron *et al*, (2009), em todas as obras houve ganhos principalmente em relação à questão cultural. As pessoas envolvidas realmente começaram a acreditar que medir é possível. Que gerenciar resíduos é possível. Que ter uma obra mais limpa é possível. Mas, principalmente, que se adequar ao meio ambiente ao invés de trazer mais despesas, gera lucro.

6. CONCLUSÃO

A Produção mais Limpa na construção civil é extremamente satisfatória em função das características do setor, o que proporciona benefícios em diversas dimensões, algumas já citadas e outras identificadas partir da análise crítica da pesquisa, a saber:

- grande número de atividades, o que permite a redução do impacto ambiental;
- grande número de fornecedores, o que permite a melhoria no desempenho ambiental da cadeia produtiva, quando são implantadas oportunidades relacionadas a insumos ecoeficientes;
- grandes áreas construídas, o que permite o reaproveitamento da água de chuva;
- grande consumo de energia, o que permite a busca pela eficiência energética;
- grande diversidade de projetos arquitetônicos, o que permite o aproveitamento da ventilação e luz natural;
- grande volume de resíduos, o que permite o desenvolvimento econômico da comunidade ao entorno do empreendimento, a partir da venda de resíduos recicláveis, configurando uma prática de responsabilidade social;
- grande número de equipamentos, o que permite reduzir a emissão de ruído e poeira, evitando problemas com a vizinhança durante a obra, melhorando a imagem da construtora;
- grande número de insumos com componentes tóxicos, o que permite reduzir ou eliminar riscos a saúde e segurança do trabalhador;
- grande número de atividades que colocam o trabalhador em risco, o que permite a redução de acidentes;
- grande número de empreiteiros, o que permite a melhoria na qualidade do produto;
- mão de obra pouco qualificada, o que permite a mudança no comportamento dos operários, tornando profissionais mais preocupados com o meio ambiente e o custo na execução das atividades.

O sucesso na aplicação desta metodologia está condicionado ao treinamento constante da mão-de-obra e a busca pela mudança comportamental, pois as atividades nos canteiros são temporárias, os as saídas dos processos construtivos (resíduos, efluentes e emissões) persistem ao longo do tempo. O Plano de Continuidade permite a permanência da implantação da Produção mais Limpa em diversas atividades no canteiro de obra, sem prejudicar financeiramente o construtor, o que possibilita a formação de uma equipe de trabalho mais preparada para as exigências do novo mercado. Com o aprendizado adquirido na participação de um projeto de Produção mais Limpa, o empregado se torna um cidadão mais responsável, além de ampliar o seu potencial de empregabilidade.

Isto significa que não basta investir em máquinas e equipamentos, em mudança de processos e produtos. Faz-se necessário investir, também, nas técnicas gerenciais, em planejamento e em treinamento, tendo em vista que são os empregados que criam os melhores procedimentos, a inovação tecnológica e tornam as empresas mais responsáveis e mais competitivas.

REFERENCIAS

- AMBROZEWICZ, P. H. L. 2003. Metodologia para capacitação e implantação de gestão da qualidade em escala nacional para profissionais e construtora baseada no PBQPH e em Educação à Distância. Tese de Doutorado. Programa de Pós - Graduação em Engenharia da Produção. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina.
- CNTL/SENAI-RS. Implementação de Programas de Produção mais Limpa. Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/UNEP, 2003.
- CNTL/SENAI-RS. *Produção mais limpa em edificações*. Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/UNEP, 2007.
- CONSTRUBUSINESS. Agenda para o setor. Sinduscon-SP. In: SEMINÁRIO DA INDÚSTRIA BRAILEIRA DE CONSTRUÇÃO, 5., 2004, São Paulo. Apresentações. São Paulo: Sinduscon, 2003 [http://:www.sindusconsp.com.br](http://www.sindusconsp.com.br) acessado em Novembro/2005.
- ELKINGTON, J. *The triple bottom line: implications for the oil industry*. Oil & Gas Journal, Vol.97, n.50, p.139-142, 1999.
- FLORIM, L. C.; QUELHAS, O. L. G.. Contribute to the sustainable construction: eco - efficiency project characterization. Revista de Produção, v. 5, n 2, p. 1-15, jun. 2005.
- FRANÇA, Sérgio Luiz Braga. Diretrizes para sustentabilidade na indústria da construção civil. Estudo de caso em construtora de obras pesadas. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil/UFF. 2008
- FRANÇA, Sérgio Luiz Braga. *Gestão Empresarial Fundamentada na Agenda 21 da ONU: contribuição para o desenvolvimento de critérios de gestão na indústria da construção civil*. 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2003.
- FURTADO, J. S. Atitude ambiental sustentável na Construção Civil: ecobuilding & produção limpa

<http://www.vanzolini.org.br/areas/desenvolvimento/producaolimpa.html> acessado em Janeiro/2005.

GEHLEN, J. Aplicando a Sustentabilidade e a Produção mais Limpa aos Canteiros de Obras. 2nd Internacional Workshop Advances in Cleaner Production. 2009.

GORON, L. S.; TUBINO, R. M. C. Produção mais Limpa na Construção Civil. 2nd Internacional Workshop Advances in Cleaner Production. 2009.

JOHN, V. M.; CSILLAG, D. 2006. Análise das práticas da construção sustentável na América Latina XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Florianópolis.

LAMBERTS, R. , DUTRA, L., PEREIRA, F. O. R. 2004. Eficiência Energética na Arquitetura. 2ª Edição Revisada. São Paulo: Pro Livros.

MATTOSINHO, C.; PIONÓRIO, P. Aplicação da Produção mais Limpa na Construção Civil: Uma Proposta de Minimização de Resíduos na Fonte. 2nd Internacional Workshop Advances in Cleaner Production. 2009.

MOLINARI, M. A. Análise de ecoeficiência para escolha de soluções em P+L. o caso de indústria de tintas. Dissertação do Mestrado Profissional em Sistema de Gestão. LATEC/UFF. 2010.

NASCIMENTO, L. F., LEMOS, Â. D. de C., MELLO, M. C. A. d. 2008. Gestão socioambiental estratégica. Porto Alegre, Bookman.

PINTO, T. Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Tese (Doutorado), 1999.

QUELHAS, O. L. G. e LIMA, G. B. A. 2006. "Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional: fator crítico de sucesso à implantação dos princípios do desenvolvimento sustentável nas organizações brasileiras " Interfacehs.

ROSSI, M. T. B.; BARATA, M. M. L. Barreiras à Implantação de Produção mais Limpa como Prática de Ecoeficiência em Pequenas e Médias Empresas no Estado do Rio de Janeiro. 2nd Internacional Workshop Advances in Cleaner Production. 2009.

Yin, S. Y. L., Tserng, H. P., Tsai, M. D. 2008. "A model of integrating the cycle of construction knowledge flows: Lessons learned in Taiwan." Automation in Construction 17: 536-549.

UNEP. Life Cycle Management. A Business Guide Sustainability. United Nations Environment Programme, 2007

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – WBCSD. Measuring Eco-efficiency: a Guide to Report Company Performance. Disponível em: <<http://www.wbcd.org>>. Acesso em: 12/05/2008.

DE SIMONI, Livio; POPOFF, Frank. Eco-efficiency, the business link to sustainable development. MIT Press: 1997.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Relatório de Sustentabilidade Empresarial. Rio de Janeiro: CEBDS, 2004.