



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
ESCOLA POLITÉCNICA  
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Ricardo Marcos Pugliesi Antuña

**EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO COM PLACAS CERÂMICAS: UMA  
OPORTUNIDADE PARA A PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

Salvador  
2009

RICARDO MARCOS PUGLIESI ANTUÑA

**EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO COM PLACAS CERÂMICAS: UMA  
OPORTUNIDADE PARA A PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

Trabalho da Conclusão da Curso apresentado ao Curso de graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Emerson de Andrade Marques Ferreira

Salvador  
2009

ANTUÑA, Ricardo Marcos Pugliesi. *Execução de revestimento com placas cerâmicas: uma oportunidade para a produção mais limpa*. 2009. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

## RESUMO

O setor da construção civil é um dos grandes geradores de resíduos da atualidade; os métodos e processos utilizados encontram-se atrelados a uma cultura que resiste às mudanças de mentalidade e tecnologias. No contexto atual, onde o tema ambiental é um assunto cotidiano, muitas empresas demonstram interesse em buscarem estar de acordo com as novas leis ambientais; algumas para escaparem de multas, algumas outras realmente interessadas em ajudar o meio ambiente. Nesse setor, o desperdício ocorre em várias etapas de diferentes processos, e um desses processos é o assentamento de placas cerâmicas. O presente trabalho constitui-se na análise do processo de assentamento de placas cerâmicas, tendo como apoio a Metodologia de Produção mais Limpa. Ao final, esta pesquisa verifica a possibilidade de minimização dos resíduos de placas cerâmicas ainda na fonte, desde que seguidos alguns critérios de projeto e execução.

**Palavras-chave:** Produção mais limpa, Construção civil, Minimização de resíduos na fonte.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
1.1. TEMA E JUSTIFICATIVA.....	4
1.2. OBJETIVOS .....	8
1.2.1. <i>Objetivo Geral</i> .....	8
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	8
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1. SUSTENTABILIDADE .....	9
2.2. REDUZIR, REUTILIZAR, RECICLAR .....	11
2.3. PRODUÇÃO MAIS LIMPA.....	13
2.3.1. <i>Benefícios da Produção mais Limpa</i> .....	18
2.3.2. <i>A metodologia de Produção mais Limpa</i> .....	22
2.4. A CONSTRUÇÃO CIVIL E O MEIO-AMBIENTE .....	35
2.5. ASSENTAMENTO DE PLACAS CERÂMICAS.....	38
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>40</b>
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	40
3.2. DELIMITAÇÃO DO ESTUDO .....	41
3.3. COLETA DE DADOS .....	43
3.4. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	44
<b>4. ANÁLISE DA EXECUÇÃO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS.....</b>	<b>45</b>
4.1. PRÉ-AVALIAÇÃO.....	45
4.2. ASSENTAMENTO DAS PLACAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO .....	49
4.2.1. <i>Obra "A"</i> .....	49
4.2.2. <i>Obra "B"</i> .....	57
4.3. VIABILIDADE ECONÔMICA DAS OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS NAS OBRAS. ....	65
4.4. PLANO DE MONITORAMENTO.....	65
4.5. ANÁLISE GERAL DAS OBRAS.....	66
4.6. BARREIRAS À METODOLOGIA DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA .....	69
<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>72</b>
5.1. CONCLUSÕES .....	72
5.2. LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	75
5.3. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	76
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE A - FLUXOS DO PROCESSO .....</b>	<b>80</b>
<b>APÊNDICE B - MAPAS DE PERDAS.....</b>	<b>94</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. TEMA E JUSTIFICATIVA

Todos os dias ficamos mais inteirados, através dos mais diversos meios de comunicação (jornais, revistas, televisão, rádio, internet), de como o planeta vem sendo degradado e quais as possíveis implicações dessa degradação desenfreada e sem limites.

Parece difícil encontrar alguém que ainda não tenha se defrontado com assuntos com aquecimento global, consumo consciente e sustentabilidade. Contudo muito se fala e pouco se faz, não necessariamente por falta de esforços de alguns, mas por falta de consciência de muitos. O ser humano sempre trilhou os caminhos em busca do desenvolvimento, desde os primórdios da humanidade. Contudo, essa busca implicou também em uma degradação do planeta, que aumentou após a Segunda Guerra Mundial, quando se intensificaram os processos produtivos. Porém esse problema mostrou-se mais intenso e visível nas últimas décadas.

Os problemas relacionados com a degradação do meio-ambiente são os mais diversos, entre eles pode-se destacar: escassez de água, má distribuição de alimentos, aquecimento global, resíduos/lixo.

Fileto (2009) afirma que a falta de água potável para o consumo trás como conseqüências: sede, doenças, morte de pessoas, plantas e animais. Problema este que gera um comprometimento no equilíbrio ambiental. Para se obter mais água limpa, buscam-se novas fontes de água e, conseqüentemente, se gasta mais recursos para tratar a água imprópria para consumo. Todo este processo para aumentar a oferta de água potável acaba encarecendo o tratamento da água e, por conta disso, provocando o aumentando dos impostos. Assim, o desperdício de água por alguns faz com que todos acabem pagando mais impostos e também pagando mais para ter acesso à água de boa qualidade, própria para consumo.

Segundo o Instituto Akatu, temos 800 milhões de pessoas passando fome no mundo. No Brasil são 44 milhões de famintos, mas ironicamente tem-se

aproximadamente 70 milhões de pessoas acima do peso, demonstrando não a escassez de alimentos e sim a sua má distribuição. Então o desperdício de alimentos e sua má distribuição são uma das causas da fome no planeta, por isso deve-se evitar o desperdício.

Para Fileto (2009), a produção de lixo no mundo cresce muito a cada dia, e sua degradação demora muito a acontecer. Estima-se que uma latinha demora cerca de 100 anos para se decompor, o plástico até 500 anos e o vidro precisaria de milhões de anos. Pode-se dizer, então, que a reciclagem é essencial e deve ser incentivada e praticada por todos para reduzir o volume de lixo lançado nos aterros. A reciclagem ajuda, mas a melhor solução seria reduzir o consumo, gerando desta forma menos lixo. Outro problema com relação ao lixo e resíduos sólidos é seu local de descarte. Seu descarte em local inadequado entope bueiros, dissemina doenças, afetam a fauna e flora dos ecossistemas atingidos.

Com relação ao problema da geração de resíduos, temos que o setor da Construção Civil é um dos responsáveis por esse problema. Muitos processos ainda são artesanais e os índices de desperdício ainda são muito grandes.

Segundo Lima (1999), observa-se que o desenvolvimento tecnológico do setor é caracterizado pela utilização de processos tradicionais, e que a estrutura característica das empresas (pequenas e sem recursos para investimentos isolados em tecnologia e racionalização) dificulta mudanças nos procedimentos de construção utilizados. Ocorrem, em muitos casos, danificações de serviços já prontos na execução de serviços subseqüentes. Estas interferências levam à baixa produtividade e a perdas de materiais. Em consequência temos a geração de resíduos, que ocasiona custos devidos a: remoção e transporte dos rejeitos; compras de materiais para compensar a perdas; consumo excedente de horas-homem etc.

Outro fator que está diretamente ligado a geração dos resíduos na construção são os problemas relacionados ao projeto; seja pela falta de especificações e/ou detalhamentos satisfatórios, precisão dos memoriais descritivos, a baixa qualidade dos materiais adotados, o manejo, transporte ou armazenamento inadequado dos

materiais, a falta ou ineficiência dos mecanismos de controle durante a execução da obra, baixa qualificação da mão-de-obra, a técnica empregada para a construção ou demolição, falta de processos de reutilização e reciclagem no canteiro.

Para John (1996 apud CNTL, 2007), os valores internacionais para o volume do entulho da construção e demolição oscilam entre 0,7 e 11,0 toneladas por habitante / ano. Já Pinto (1999 apud CNTL, 2007), estimou que em cidades brasileiras de médio e grande porte, as massas de resíduos gerados variam entre 41% e 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos.

Segundo o CNTL (2007), o consumo de materiais pela construção civil nas cidades é pulverizado. Cerca de 75% dos resíduos gerados pela construção nos municípios provêm de eventos informais, ou seja, obras de construção, reformas e demolições, geralmente realizadas pelos próprios usuários dos imóveis. Estima-se ainda que a construção civil formal seja responsável por 20% dos resíduos sólidos gerados nos municípios. Apesar de ser uma parcela pequena na geração total do município, as empresas são as responsáveis por esses resíduos gerados.

O CNTL (2007) ainda afirma que em relação ao impacto ambiental gerado por essas atividades, pesquisas indicam que 60% a 70% dos resíduos sólidos urbanos, nas cidades brasileiras, sejam gerados por construções formais ou informais, e que são encaminhados para aterros – lixões. Somente 8% são encaminhados à reciclagem.

Os estudos sobre aproveitamento e reciclagem de resíduos das construções são inúmeros. Iniciativa louvável e de grande importância para a questão de conservação ambiental e de sustentabilidade que vem crescendo em todo o planeta. Por outro lado, seria mais interessante tentar aplicar uma política ambiental preventiva, pois a reciclagem de resíduos provenientes das construções não elimina o problema da geração dos mesmos. O ideal seria que esses resíduos não fossem gerados ou, ao menos, fossem minimizados na fonte. Como vem ocorrendo hoje, na maioria dos casos, há apenas uma medida corretiva, pois se procura em resolver o

problema depois que ele já ocorreu. O fato de muitos pensarem que a geração de entulho é fato inerente à Construção Civil é algo já não mais aceito hoje, onde tanto se fala em evitar desperdícios, sustentabilidade, efeito estufa, consumo consciente, esgotamento de recursos naturais.

Como alternativa para a reciclagem e tratamento dos resíduos após estes terem sido gerados, tem-se a metodologia da Produção Mais Limpa, que, resumidamente, tem como objetivo eliminar/reduzir o problema na fonte, antes dele ser criado. A Produção Mais Limpa visa a prevenção do problema na fonte geradora, assim, no caso da Construção Civil, vem a acarretar melhorias em seus processos produtivos, deste modo tem-se menos sobras, logo, menos resíduos serão gerados. Obviamente com a redução de perdas durante o processo haverá ganhos econômicos para as empresas e também ganhos ambientais para a sociedade e o planeta.

A escolha do processo de revestimento com placas cerâmicas para análise, deu-se basicamente porque no Brasil é muito comum usar placas cerâmicas como revestimento em ambientes como banheiros, áreas de serviço e cozinhas, além da função de decorar outros ambientes tais como salas e quartos. Basicamente, o revestimento cerâmico é aplicado sobre uma base, que pode ser de alvenaria de tijolos ou blocos, revestida ou não com argamassa, ou sobre paredes e pilares, ou outras superfícies. Recomenda-se o uso de argamassa colante para sua aplicação. Em seguida, faz-se o rejuntamento com pasta ou argamassa, a fim de preencher as juntas entre as peças.

Pelo custo e propriedades, a placa cerâmica pode ser apontada como o principal componente nesse tipo de revestimento. Por esse motivo torna-se importante descobrir onde e quando ocorrem as perdas, levantar e analisar os motivos causadores das mesmas e finalmente tentar criar soluções que minimizem a geração desses resíduos.

Sendo assim, uma solução para muitas empresas seria a adoção da metodologia da Produção Mais Limpa, que busca eliminar a geração de resíduos na fonte, antes de serem gerados.

## **1.2. OBJETIVOS**

### 1.2.1. Objetivo Geral

Avaliar o processo de revestimento com placas cerâmicas de acordo com os princípios da metodologia de Produção Mais Limpa.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos pode-se apontar:

- Identificar os princípios da Produção Mais Limpa aplicáveis à execução de revestimento com placas cerâmicas;
- Avaliar as perdas de acordo com a metodologia da Produção Mais Limpa;
- Identificar barreiras à implementação da Produção Mais Limpa na construção civil;
- Sugerir melhorias nos processos para redução e eliminação das perdas e barreiras identificadas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. SUSTENTABILIDADE

No final do século vinte e início do século vinte e um, a questão ambiental passou a ficar mais forte e começou a ser debatida com mais entusiasmo em nível internacional, nacional e local. O desenfreado crescimento populacional, o crescimento industrial e da urbanização contribuíram para um aumento da quantidade de resíduos que são abandonados no meio ambiente.

Visto isso, a conscientização com relação aos problemas ambientais é algo que já vem fazendo parte do dia-a-dia de todos moradores do globo. Este fato vem levando muitos à procura de produtos e serviços que se empenhem e desenvolvam processos voltados para um consumo limpo dos recursos naturais.

Para da Silva (2005) a sustentabilidade propõe-se a ser um meio de configurar a civilização e atividade humanas, de tal forma que a sociedade, os seus membros e as suas economias possam preencher as suas necessidades e expressar o seu maior potencial no presente, e ao mesmo tempo preservar a biodiversidade e os ecossistemas naturais, planejando e agindo de forma a atingir pró-eficiência na manutenção indefinida desses ideais.

Corrêa (2009) diz que, para um empreendimento ser sustentável, tem de ter em vista 4 requisitos básicos. Esse empreendimento tem de ser:

- ecologicamente correto;
- economicamente viável;
- socialmente justo; e
- culturalmente aceito.

Segundo a Câmara da Indústria da Construção (2008), o conceito de sustentabilidade deriva do debate sobre o desenvolvimento sustentável, que teve início com a primeira Conferência Internacional das Nações Unidas sobre o

Ambiente Humano (United Nations Conference on the Human Environment), que se realizou em Estocolmo, em 1972. Já o desenvolvimento sustentável refere-se ao modo de desenvolvimento que tem como objetivo o alcance da sustentabilidade. Ele trata do processo de manutenção do equilíbrio entre a capacidade do ambiente e as demandas por igualdade, prosperidade e qualidade de vida da população humana. A definição mais utilizada para desenvolvimento sustentável foi elaborada em 1987, pela Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento, ou Comissão Brundtland: Desenvolvimento sustentável é o tipo de desenvolvimento que atende às necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem suas próprias necessidades.

Sustentabilidade, ainda segundo a Câmara da Indústria da Construção (2008), é a situação desejável que permite a continuidade da existência do ser humano e de nossa sociedade, sendo o objetivo máximo do processo de desenvolvimento sustentável. Ela busca integrar aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais da sociedade humana com a preocupação principal de preservá-los, para que os limites do planeta e a habilidade e a capacidade das gerações futuras não sejam comprometidas.

Para Bardella e Camarini (200-), a construção civil sempre caracterizou-se pela falta de qualidade em seus produtos e por uma filosofia altamente esbanjadora. Embora, visando minimizar custos, os construtores venham tentando otimizar recursos e minimizar perdas, os sistemas construtivos ultrapassados e que são de prática corrente na construção civil brasileira, nem sempre consideram os desperdícios na construção como uma variável importante no processo construtivo.

Sendo assim, uma construção sustentável, ainda segundo Bardella e Camarini (200-), deve basear-se na prevenção e redução dos resíduos através do desenvolvimento de tecnologias limpas, no uso de materiais recicláveis ou reutilizáveis, no uso de resíduos como materiais secundários e na coleta e deposição inerte.

## 2.2. REDUZIR, REUTILIZAR, RECICLAR

Atualmente, um dos grandes problemas ambientais é o aumento da produção de lixo. Durante as atividades humanas diárias é inevitável a produção de lixo, porém pode haver a sua redução, se implementada a política dos 3R's.

A política dos 3R's é um conjunto de ações sugeridas durante a Conferência da Terra, realizada no Rio de Janeiro em 1992, e o 5º Programa Europeu para o Ambiente e Desenvolvimento, realizado em 1993. Os 3R's consistem nos atos de Reduzir, Reutilizar e Reciclar o lixo produzido.

Segundo o Eco-Unifesp, para uma gestão sustentável dos resíduos sólidos, pensa-se imediatamente em uma abordagem que se baseie no princípio dos 3R's: redução (do uso de matérias-primas e energia e do desperdício nas fontes geradoras), reutilização direta dos produtos, e reciclagem de materiais. Na hierarquia dos 3R's, a idéia de evitar a geração de resíduos vem em primeiro lugar, pois causa menos impacto que reciclar os materiais depois de seu descarte.

A reciclagem de materiais polui menos o ambiente e envolve menor uso de recursos naturais, mas raramente questiona o atual padrão de produção, não levando à diminuição do desperdício.

Para Coelho, L. (2008), ao se falar de resíduos sólidos, logo pensa-se nos ditos R's. Algumas vezes ouve-se falar em 3 R's, outras 4 R's e até em 5 R's. Antes de decidir qual conceito de R's se aplica ao seu caso, primeiro é necessário saber o que em geral eles querem dizer:

- 3R's: Reduzir, Reutilizar e Reciclar.
- 4R's: Reduzir, Reutilizar, Reciclar e Reintegrar (recuperar).
- 5R's: Reduzir, Reutilizar, Reciclar, Repensar e Recusar.

O conceito mais difundido é os 3 R's.

**Reduzir:** consiste em ações que visem à diminuição da geração de resíduos, seja através da minimização de resíduos na fonte ou por meio da redução do

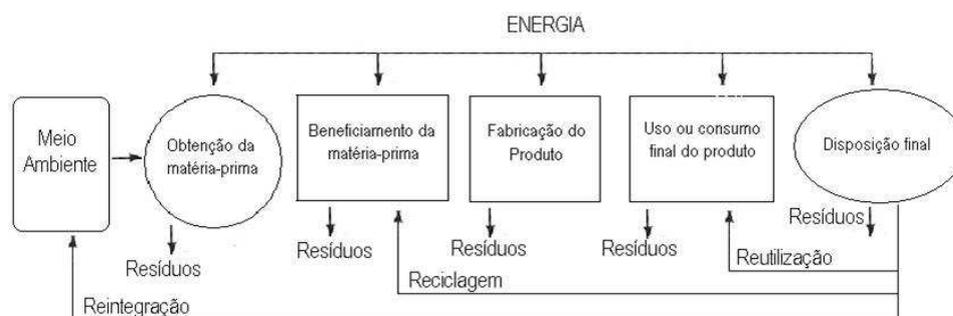
desperdício. É a etapa principal, pois sua contribuição promove a minimização de gastos com o gerenciamento e tratamento, e é válido para aplicação a qualquer grupo de resíduos.

**Reutilizar:** é a segunda etapa que pode ser implantada através de ações que possibilitem sua utilização para várias finalidades, otimizar o máximo seu uso antes de descarte final, ou ainda, seu reenvio ao processo produtivo, visando a sua recolocação para o mesmo fim ou recolocação no mercado.

**Reciclar:** é um conjunto de técnicas que tem por finalidade aproveitar os resíduos, e reutilizá-los no ciclo de produção de que saíram. Materiais que se tornariam lixo, ou estão no lixo, são separados, coletados e processados para serem usados como matéria-prima na manufatura de novos produtos. Reciclar é usar um material para fazer outro.

Segundo o Eco-Unifesp, o termo "reciclagem" surgiu na década de 1970, época em que as preocupações ambientais passaram a ser tratadas com maior rigor, especialmente após o primeiro choque do petróleo, quando reciclar ganhou importância estratégica. As indústrias recicladoras são conhecidas como secundárias, por processarem matéria-prima de recuperação. Em quase todos os processos, o produto oriundo da reciclagem é completamente diferente do produto original.

Segundo Coelho, L. (2008), o conceito de 4R's está ligado a gestão dos resíduos, conforme demonstra a seguinte figura:



**Figura 01:** Os 4 R's. (fonte: COELHO, 2008)

No conceito de 4R's tem-se o acréscimo da idéia do "reintegrar".

**Reintegrar:** reintegrar o produto a natureza, ou seja, transformá-lo novamente em um recurso natural, exemplo: compostagem de resíduos orgânicos para fazer húmus e adubo.

Ainda para Coelho, L. (2008), temos ainda o conceito de 5 R's, que é adaptado com a finalidade de favorecer processos de Educação Ambiental, pois é um conceito mais prático e mais aplicável no dia-a-dia dos consumidores.

O primeiro passo é *reduzir* a quantidade de lixo que se produz. Depois *reutilizar* tudo que for possível e *reciclar*.

*Repensar* o comportamento diário e *recusar* produtos que agredem a saúde a o meio ambiente também é colaborar com o processo de conservação do meio ambiente.

### 2.3. PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Com as questões relacionadas ao meio ambiente sendo assunto tão presente nos dias atuais, tem-se que muitas organizações de diferentes setores industriais já não agem mais de forma reativa às mesmas, passando a agir de forma proativa com relação às questões ambientais. Diferentes metodologias de gestão ambiental buscam sensibilizar diretores e níveis hierárquicos elevados dentro das organizações, demonstrando a possibilidade de se obter lucro com o meio ambiente, entre elas a Produção Mais Limpa, também conhecida pela sigla P+L.

Segundo a UNIDO (200-), United Nations Industrial Development Organization:

A produção mais limpa é uma abordagem preventiva, de estratégia integrada que é aplicada a todo o ciclo de produção para:

- Aumentar a produtividade, garantindo uma utilização mais eficiente das matérias-primas, energia e água;
- Promover o melhor desempenho ambiental através da redução na fonte dos resíduos e emissões;
- Reduzir o impacto ambiental dos produtos durante todo o seu ciclo de vida através da concepção ambientalmente integrada com o custo-eficiência dos produtos. (UNIDO, tradução nossa)

Segundo a UNEP DTIE, United Nations Environment Programme Division of Technology, Industry, and Economics, uma análise dos esforços de vários governos

e da indústria nas últimas décadas, demonstra um avanço positivo dos mesmos em relação à questão da proteção ambiental. Este fato se deve, talvez, devido ao desenvolvimento de estratégias “ganha-ganha”, tais como a Produção Mais Limpa.

Ainda segundo a UNEP DTIE, Produção Mais Limpa descreve uma abordagem preventiva para a gestão ambiental. Não é uma definição jurídica nem científica para ser dissecada, analisada e sujeita a controvérsias teóricas. É um termo amplo, que engloba o que alguns países/instituições chamam de eco-eficiência, minimização de resíduos, prevenção da poluição, ou produtividade verde. Produção Mais Limpa refere-se a uma mentalidade de como bens e serviços são produzidos com o mínimo impacto ambiental nos atuais limites tecnológicos e econômicos.

Produção Mais Limpa não nega o crescimento, somente insiste para que o crescimento seja ecologicamente sustentável. Não deve ser considerada apenas como estratégia ambiental, pois ela também diz respeito às considerações econômicas.

Neste contexto, os resíduos são considerados como um “produto” com valor econômico negativo. Cada ação para reduzir o consumo de matérias-primas e energia, bem como prevenir ou reduzir a geração de resíduos, pode aumentar a produtividade e trazer benefícios financeiros às empresas.

Produção Mais Limpa é uma estratégia de “ganha-ganha”. Ela protege o meio ambiente, melhorando simultaneamente a eficiência, rentabilidade e competitividade.

A principal diferença entre controle da poluição e Produção Mais Limpa é a questão de quando é aplicada. Controle da poluição é um pós-evento, abordagem do “reagir e tratar”. Já Produção Mais Limpa é uma visão para o futuro, a filosofia do “antecipar e prevenir”. (UNEP DTIE, tradução nossa)

Para o CNTL (2007), as tecnologias ambientais convencionais trabalham principalmente no tratamento dos resíduos, efluentes e emissões existentes. Como esta abordagem estuda os resíduos somente no final do processo de produção, ela é conhecida como técnica “Fim-de-Tubo”, caracterizando-se essencialmente pelas despesas adicionais para a empresa, além da possibilidade de criação de outros problemas.

Oliveira Filho (2001 apud ARAUJO, 2002, p.34) 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.

A UNEP DTIE define Produção Mais Limpa da seguinte maneira:

Produção Mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva, integrada a processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência global e reduzir os riscos para os seres humanos e o ambiente. Produção Mais Limpa pode ser aplicada aos processos utilizados em qualquer indústria, aplicada com os próprios produtos e em vários serviços prestados a sociedade.

Para os processos de produção, Produção Mais Limpa resulta da conservação de matérias-primas, ou água, ou energia, ou ainda da combinação destes; eliminando matérias-primas tóxicas e perigosas; reduzindo a quantidade e toxicidade de todas as emissões e resíduos na fonte, durante o processo de produção.

Para os produtos, Produção Mais Limpa tem como objetivo reduzir os impactos ambientais, na saúde e segurança em toda a sua vida útil, desde a extração das matérias-primas, passando pela fabricação e utilização, até descarte do produto.

Para os serviços, Produção Mais Limpa implica na integração das preocupações ambientais na concepção e prestação de serviços. (UNEP DTIE, tradução nossa)

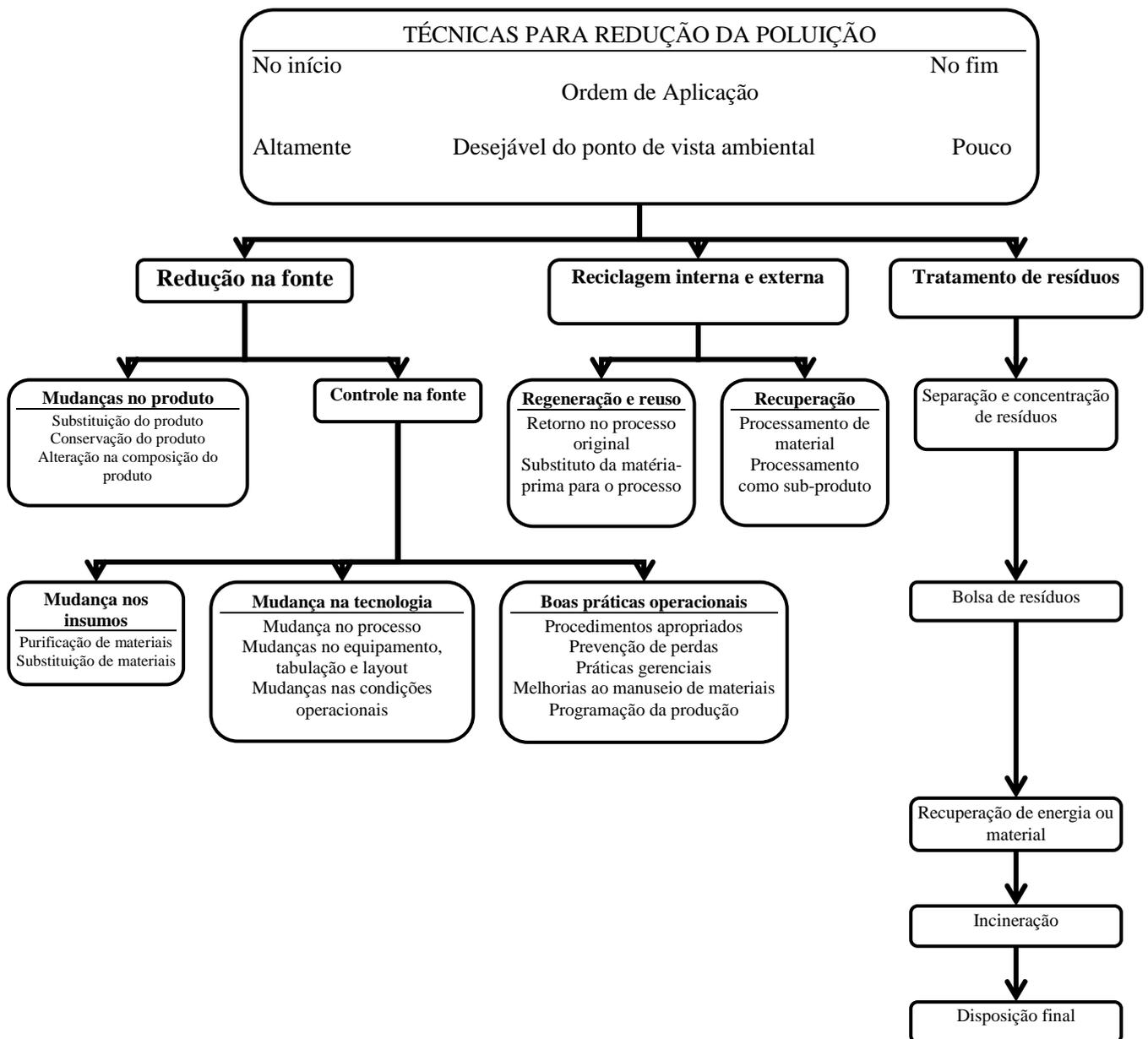
O CNTL (2007) ainda afirma que, o primeiro item considerado é a disposição do resíduo e em último caso como não gerá-lo. Para a Produção mais Limpa, verifica-se o contrario: inicialmente se busca não gerar, e caso não haja outra opção, dispor. Um resíduo não gerado não necessitará ser segregado, transportado, armazenado e nem disposto. A solução é complexa, porém, é definitiva. As possíveis modificações decorrentes da implantação de um programa de Produção mais Limpa, se dão em vários níveis de aplicações de estratégias.

No quadro 01 pode-se ver as diferenças entre as tecnologias “fim-de-tubo” e a produção mais limpa:

TECNOLOGIAS FIM-DE-TUBO	PRODUÇÃO MAIS LIMPA
Como se pode tratar os resíduos e as emissões existentes?	De onde vêm os resíduos e as emissões?
... pretende reação.	... pretende ação.
... geralmente leva a custos adicionais.	... pode ajudar a reduzir custos.
Os resíduos e emissões limitados através de filtros e capítulos de tratamento; Soluções de Fim-de-tubo; Tecnologia de reparo; Estocagem de resíduos.	Prevenção de resíduos e emissões na fonte; Evita processos e materiais potencialmente tóxicos.
Proteção ambiental entra depois do desenvolvimento de produtos e processos	Proteção ambiental entra como parte integral do <i>design</i> do produto e da engenharia de processo.
Problemas ambientais resolvidos a partir de um ponto de vista tecnológico.	Tenta-se resolver os problemas ambientais em todos os níveis/em todos os campos.
Proteção ambiental é um assunto para especialistas competentes.	Proteção ambiental é tarefa de todos.
... é trazida de fora.	... é uma inovação desenvolvida na empresa.
... aumenta o consumo de material e energia.	... reduz o consumo de material e energia.
Complexidade e riscos aumentados	Riscos reduzidos e transparência aumentada
Proteção ambiental desce para preenchimento de prescrições legais.	Riscos reduzidos e transparência aumentada
... resultado de um paradigma de produção do tempo em que os problemas ambientais não eram conhecidos.	... abordagem que pretende criar técnicas de produção para um desenvolvimento sustentável.

**Quadro 1- diferenças entre tecnologias fim de tubo e PmaisL (fonte:adaptado de CNTL, 2000 apud Coelho, A. 2003)**

Na figura 01, pode-se ver o fluxograma mestre das ações para prevenção e controle da poluição, incluindo as tecnologias de “Fim-de-Tubo”, entendendo, segundo Mattosinho (2009), que apesar destas não focarem na identificação da causa do problema, conforme o conceito da Produção Mais Limpa, estas também contribuem para a redução da poluição.



**Figura 01** – fluxograma mestre das ações para prevenção e controle da poluição (Fonte: adaptado de Coelho, 2004 apud Mattosinho, 2009.)

Para Mattosinho (2009), vale salientar que a metodologia de Produção mais Limpa não sugere a adoção de alternativas fim-de-tubo, porém não a descarta. A Produção mais Limpa visa fazer a combinação de medidas, com a finalidade de diminuição da poluição.

### 2.3.1. Benefícios da Produção mais Limpa

Para o IEL (2002 apud ARAUJO, 2002, p.44), a P+L possibilita:

- obter ganhos financeiros pela otimização dos processos produtivos através da melhor utilização da matéria-prima, água, energia e da não-geração de resíduos;
- adequar-se à legislação ambiental e colaborar para o bem-estar das comunidades local e global;
- facilitar etapas na implantação do Sistema de Gestão Ambiental para certificação ISO 14001;
- aumentar a competitividade através da redução de custos de produção;
- utilizar o *marketing* ambiental para consolidar uma imagem positiva no mercado.
- reduzir o impacto ambiental pela reciclagem dos efluentes e resíduos;

Para o CNTL (2003, p.14), o programa de Produção mais Limpa traz para as empresas benefícios ambientais e econômicos que resultam na eficiência global do processo produtivo, através de:

- eliminação dos desperdícios;
- minimização ou eliminação de matérias-primas e outros insumos impactantes para o meio ambiente;
- redução dos resíduos e emissões;
- redução dos custos de gerenciamento dos resíduos;
- minimização dos passivos ambientais;
- incremento na saúde e segurança no trabalho.

E ainda contribui para:

- melhor imagem da empresa;
- aumento da produtividade;
- conscientização ambiental dos funcionários;
- redução de gastos com multas e outras penalidades.

Muito semelhante aos benefícios citados anteriormente, Gasi e Ferreira (2006, p.60-61) enumeram os benefícios para a organização, comunidade e meio ambiente e para os responsáveis pelo controle ambiental.

#### Benefícios para a organização:

- As tecnologias de fim-de-tubo implicam visão segmentada, reativa, estática e que adiciona custos, enquanto a produção mais limpa é uma solução com visão integrada, proativa, dinâmica, que economiza recursos;
- Motivação de todos na organização em busca de um objetivo comum;
- Redução da quantidade e/ou periculosidade das matérias-primas; economia da redução do consumo de matérias-primas, energia e água;
- Redução da geração de resíduos, ocasionando redução de gastos com tratamento, transporte, disposição e remediação dos resíduos;
- Melhoria do ambiente de trabalho, devido a redução de substâncias tóxicas;
- Limitação da responsabilidade futura devido ao lançamento de resíduos para o meio ambiente;
- Aumento na eficiência e na competitividade, além de propiciar argumentos para facilitar as exportações;
- Redução ou eliminação dos conflitos de conformidade legal com os órgãos de controle ambiental;
- Melhoria da imagem da empresa e das relações com o consumidor, com a comunidade e com os trabalhadores;
- Possibilidade de integração com o sistema de gestão ambiental (SGA) da empresa, podendo ser, com vantagens, uma etapa anterior à organização e à certificação de SGA;
- Modo de evitar que os poluentes sejam transferidos de um meio para o outro.

#### Benefícios para a comunidade e meio ambiente:

- Antecipação e prevenção dos problemas ambientais;
- Redução de acidentes ambientais;
- Redução e/ou eliminação de poluentes atmosféricos, líquidos, sólidos, de energia e seus respectivos impactos;

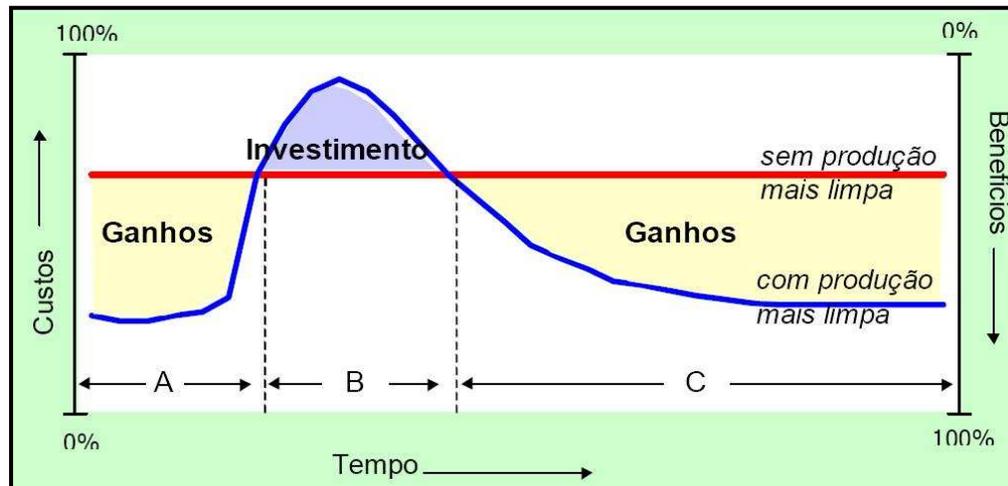
- Conservação dos recursos naturais;
- Aumento da conscientização ambiental;
- Redução de problemas de saúde que venham do lançamento de resíduos no meio ambiente;
- Redução de produtos tóxicos nos produtos e meio ambiente;
- Melhoria das condições ambientais, nos dias atuais e para o futuro, devido a minimização dos impactos causados pelos resíduos gerados e ao uso racional dos insumos.

Benefícios para os responsáveis pelo controle ambiental:

- Aumento na eficiência das ações de controle por meio da concentração de tempo e esforços em outras áreas;
- Promoção da melhoria da imagem pública da organização;
- Promoção da melhoria das relações com a comunidade e com as empresas;
- Aumento da confiabilidade das ações de controle ambiental;
- Possibilidade de não apenas punir, mas reconhecer iniciativas voluntárias bem-sucedidas, que servem de exemplo para outras empresas e de estímulo aos concorrentes.

Para o CNTL (2003, p.16-17), a decisão de investir em Produção mais Limpa depende muito da relação custo-benefício que o investimento terá. Muitas vezes, devido às limitações de capital e às pressões dos órgãos ambientais e das ONG's, busca-se estratégias ambientais corretiva (técnicas de fim-de-tubo) ao invés de estratégias preventivas, como é o caso da Produção mais Limpa.

Como observado pelo CNTL (2003, as mudanças que acontecem nos custos de duas empresas, uma que investiu em Produção mais Limpa e outra que não investiu podem ser comparadas e se verificará que a empresa que investiu em Produção mais Limpa terá em seus custos um decréscimo com o tempo, devido ao aumento da eficiência dos processos, do uso eficiente de matérias-primas, água e energia, e da redução de resíduos e emissões gerados.



**Gráfico 01- custos e benefícios com implementação de medidas de Produção mais limpa (CNTL, 2003)**

No Gráfico 01, como explica o CNTL (2003), pode-se ver os ganhos com a implantação da Produção mais Limpa. A linha horizontal mostra a situação onde não houve investimentos em Produção mais Limpa, não demonstrando variações significativas nos custos totais ao longo do tempo.

No trecho A, implantando-se a Produção mais Limpa, verifica-se inicialmente a redução de custos pela implementação de medidas onde não necessitou-se de investimentos.

Passando-se para o trecho B, há um aumento nos custos totais, decorrentes de adaptações e adoção de novas tecnologias e modificações nos processos já existentes. Após isso, já com a melhoria dos processos e as novas tecnologias implantadas, pode-se observar a redução dos custos e conseqüentemente a recuperação do investimento inicial. Com o passar do tempo, a redução dos custos será permanente, devido aos ganhos com a melhoria da eficiência. O trecho C demonstra essa redução de custos.

### **2.3.2. A metodologia de Produção mais Limpa**

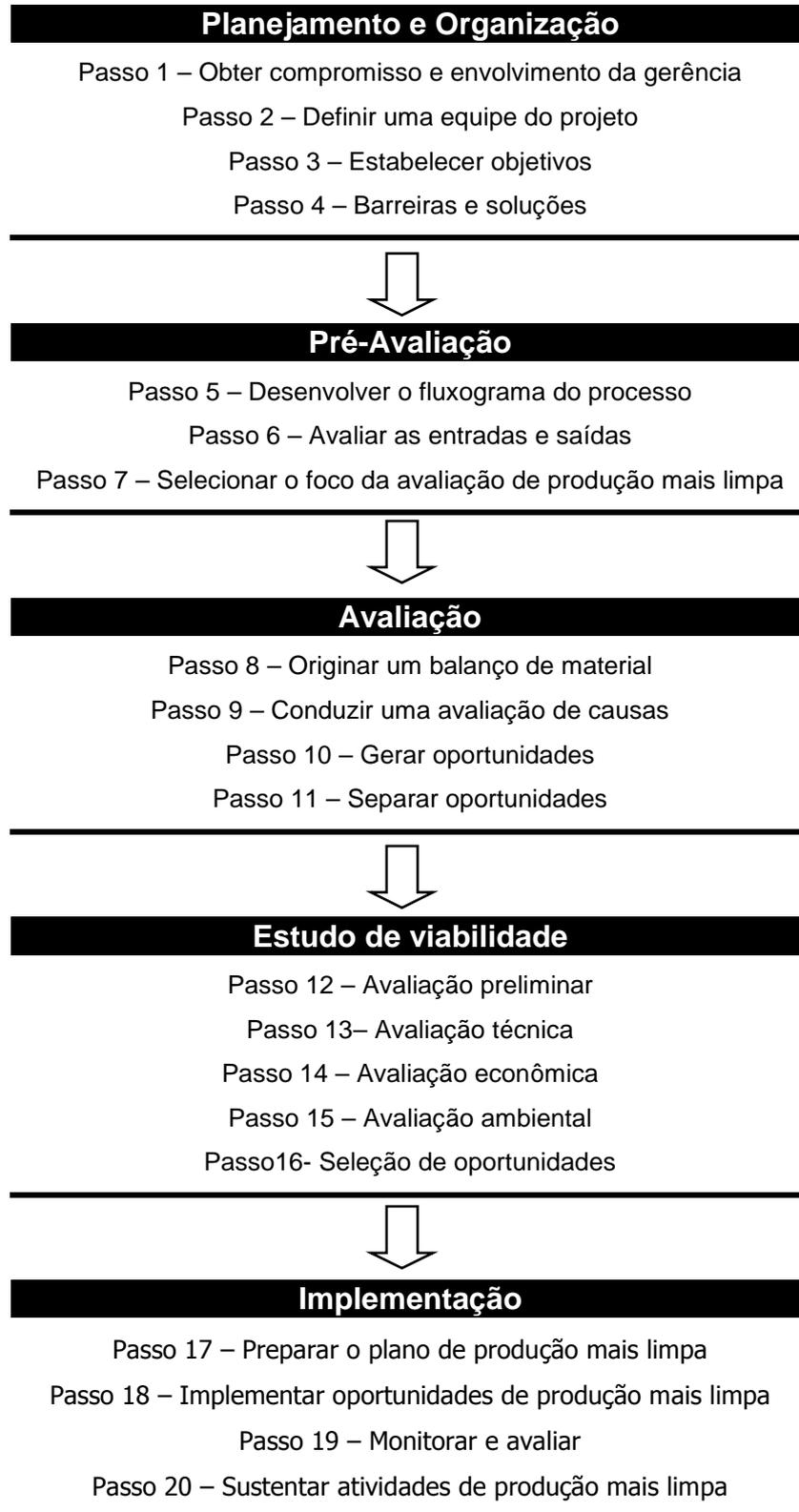
Conforme o CNTL (2007), o primeiro passo antes da implementação de um programa de Produção mais Limpa é a pré-sensibilização do público alvo (empresários e gerentes), através de uma Visita Técnica com a exposição de casos bem sucedidos, além de ressaltar seus benefícios econômicos e ambientais.

Após a fase de pré-sensibilização a empresa poderá iniciar a implementação de um Programa de Produção mais Limpa, através de metodologia própria ou através de instituições que possam apoiá-la nesta tarefa.

Para Gasi e Ferreira (2006, p.63), a aplicação da Produção mais Limpa deve ser associada à idéia de processo, isso porque processo dá a idéia de uma atividade contínua, repetitiva, cíclica e não-linear. Isso significa que ela está sempre sendo realizada e aperfeiçoada, em busca de objetivos e metas mais ambiciosas.

Ainda segundo Gasi e Ferreira (2006), a idéia de processo vem do fato de muitos considerarem a Produção mais Limpa como um projeto, sendo a idéia de projeto algo não-repetitivo, que possuía uma seqüência lógica de eventos, e tenha começo, meio e fim.

O programa de Produção Mais Limpa é constituído de cinco fases, como pode ser observado na figura 02.



**Figura 02** – fases de implementação de Produção mais Limpa

Para o SENAI.RS (2003) e o CNTL (2007) as etapas de Produção mais Limpas são as seguintes:

### Etapa 1 – Planejamento e Organização

#### *Primeiro passo - Obter o comprometimento da gerência*

É de fundamental importância sensibilizar a gerência, garantindo o sucesso do Programa. A obtenção de resultados relevantes depende do comprometimento da empresa com o Programa.

Na maioria das vezes podem-se identificar dois grupos diferentes, mas inter-relacionados, de promotores de produção mais limpa. Tem-se as empresas que estão interessadas em produção mais limpa porque os gerentes e/ou proprietários querem uma área de trabalho limpa e adequadamente organizada. Existem também as empresas que são guiadas pelas forças de mercado. Os impostos e a arrecadação sobre consumo de recursos e/ou resíduos e emissões fazem com que as indústrias adotem práticas de produção mais limpa. Além disso, a produção mais limpa dá às empresas uma vantagem competitiva em mercados onde há demanda por produtos melhorados ambientalmente.

O comprometimento da gerência pode ser obtido tanto pela ênfase no princípio de proteção como pela influência das forças de mercado. Pode-se usar os seguintes argumentos:

- A produção mais limpa baixa os custos da produção, de tratamento de fim-de-tubo, dos cuidados com a saúde e da limpeza total (remoção de gases) do meio ambiente.
- A produção mais limpa melhora a eficiência do processo e a qualidade do produto, contribuindo assim para a inovação industrial e a competitividade.
- A produção mais limpa diminui os riscos aos trabalhadores, comunidade, consumidores de produtos e gerações futuras, decrescendo assim os custos indenizações e prêmios de seguro.

- A produção mais limpa pode garantir a imagem pública da empresa (registros de meio ambiente limpo), produzindo benefícios sociais e econômicos intangíveis.
- É possível que os funcionários e empregadores de uma empresa tenham interesse pessoal no meio ambiente.

Resumindo, para convencer a gerência e obter seu comprometimento deve-se:

- Ressaltar os benefícios econômicos;
- Encorajar o cuidado responsável e
- Destacar os benefícios ambientais.

Agora, para obter o envolvimento da gerência, tem-se que:

- Envolver a gerência na tomada de decisões;
- Manter a gerência informada sobre o processo da avaliação;
- Tornar os benefícios visíveis e
- Comprometer-se com o sucesso da Avaliação de Produção Mais Limpa.

#### *Segundo passo – Organizar o Ecotime*

Ecotime é um grupo de trabalho formado por profissionais da empresa que tem por objetivo conduzir o programa de Produção mais Limpa.

Não importa quem seja o líder do Ecotime, este deve ter autoridade suficiente para executar o programa de forma eficaz. Uma pessoa adequada para a posição de líder do Ecotime ajuda a superar a resistência e é altamente motivado e convicto do sucesso da avaliação de produção mais limpa.

As funções do Ecotime são as seguintes:

- realizar o diagnóstico;
- implantar o Programa;
- identificar oportunidades e implantar medidas de Produção mais Limpa;

- monitorar o programa;
- dar continuidade ao programa.

#### *Terceiro passo - Estabelecer metas*

Deve-se dar muita atenção às metas para a produção mais limpa, porque elas devem ser suficientemente ambiciosas para motivar esforços significativos para a produção mais limpa, porém suficientemente realistas para servir com medida adequada do sucesso. Em muitos casos, as metas já estão estabelecidas antes do início da avaliação de produção mais limpa. Estas metas podem basear-se em:

- Padrões internos de produtividade;
- Legislação ambiental;
- Benchmarking e tecnologia (pontos de referência que servem como padrão da tecnologia);
- Dados históricos de produção.

#### *Quarto Passo - Barreiras e soluções*

Com as barreiras identificadas, pode-se buscar soluções adequadas para superá-las durante o desenvolvimento do programa, permitindo assim o bom andamento do mesmo.

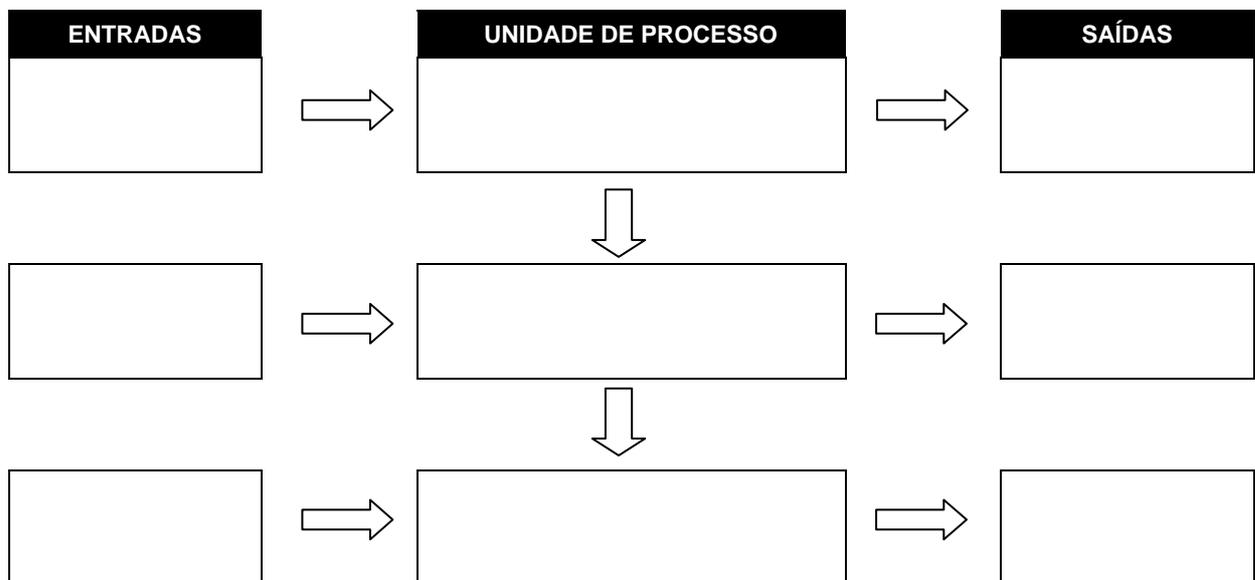
Barreiras quase sempre são resultado de mal-entendidos, de preconceitos ou de resistência a mudanças. Como principais barreiras pode-se citar: Falta de informação, Barreiras organizacionais, Barreiras econômicas, Barreiras técnicas.

Para superar as barreiras, a primeira coisa a fazer é conscientização sobre os benefícios da Produção mais Limpa e a demonstração de que a Avaliação de Produção mais Limpa não está buscando culpados.

## Etapa 2 – Pré-Avaliação

### *Quinto passo – Desenvolver o fluxograma do processo*

A análise detalhada do fluxograma permite a visualização e a definição do fluxo qualitativo de matéria-prima, água e energia no processo produtivo, visualização da geração de resíduos durante o processo. Esta ferramenta visa a obtenção de dados necessários para a formação de uma estratégia de minimização da geração de resíduos, efluentes e emissões. Na figura 03 pode-se ver o fluxograma de processo, com os espaços que deverão ser preenchidos com as respectivas entradas, o processo em questão e as saídas.



**Figura 03** – Fluxograma de processo

### *Sexto passo – Avaliar as entradas e saídas*

Com o fluxograma do processo produtivo, o Ecotime fará o levantamento dos dados quantitativos, ambientais e de produção existentes. Para tanto, serão utilizadas as fontes disponíveis, tais como, estimativas do setor de compras, etc.

Ao avaliar para quantas entradas são convertidas em produtos, quantas em resíduos e quantas auxiliares são necessárias durante a produção, pode-se determinar se o processo é ou não eficiente. Estes levantamentos são usados para determinar o foco da avaliação de produção mais limpa.

### *Sétimo passo – Selecionar o foco da avaliação de produção mais limpa*

Em princípio, todos os processos e unidades de operação podem ser candidatos a foco da avaliação de produção mais limpa. Contudo, por razões de praticidade (recursos financeiros e humanos disponíveis), deve ser feita uma seleção de processos e unidades de operação.

O melhor foco da avaliação de produção mais limpa:

- Gera grande quantidade de resíduos e emissões;
- Causa grande perda econômica;
- Tem numerosas oportunidades óbvias de produção mais limpa;
- É aceito por todas as pessoas envolvidas.

### Etapa 3 – Avaliação

#### *Oitavo passo – originar um balanço de material*

Um balanço de material permite a identificação e a quantificação das perdas ou emissões anteriormente desconhecidas. O fluxograma de processo forma a base para o cálculo do balanço de material. O balanço de material traz compreensão sobre a fonte e a causa dos resíduos e emissões. Esta compreensão é necessária para a geração de oportunidades de produção mais limpa.

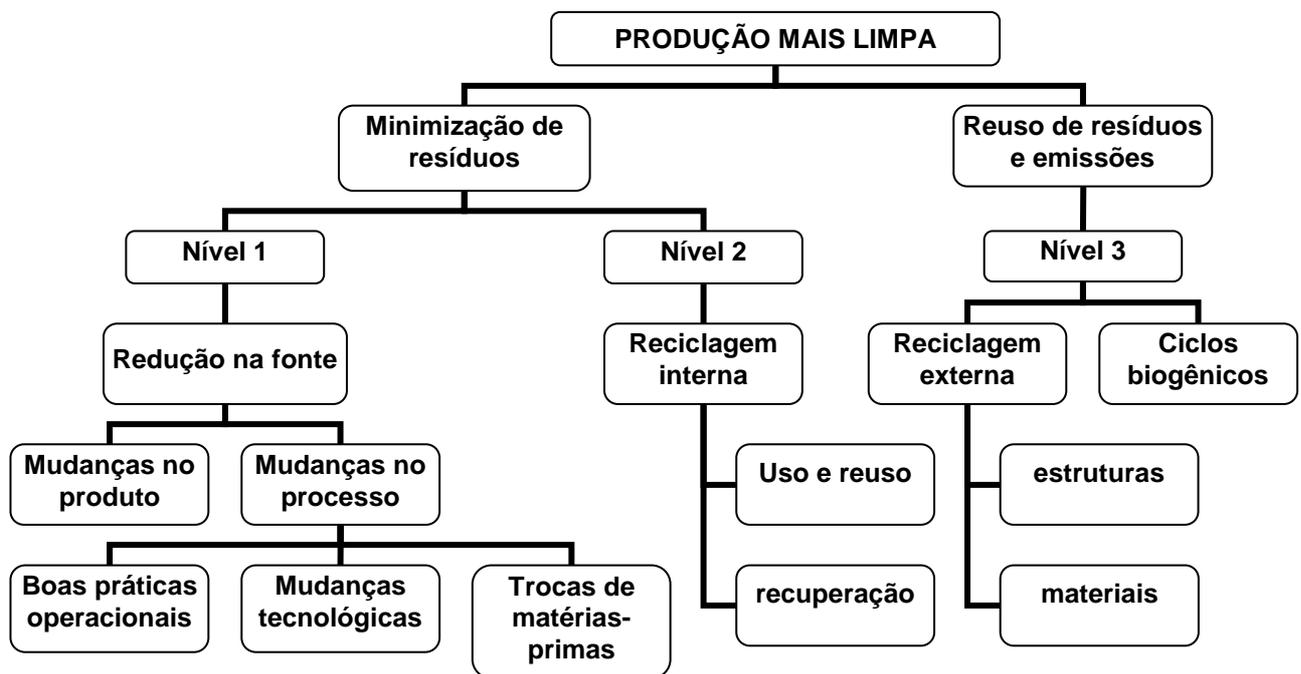
#### *Nono passo – avaliação das causas*

Compreendendo as entradas e saídas, pode ser determinado onde as matérias-primas, insumos, auxiliares, água e energia terminam: nos produtos, subprodutos, resíduos, efluentes ou emissões? Para os resíduos e emissões, pode-se derivar as causas para a sua geração. Devem ser respondidas as seguintes perguntas:

- Onde ocorrem os resíduos, emissões e perdas de energia (fonte)?
- Por que eles ocorrem (causa)?

*Décimo passo – gerar oportunidades de produção mais limpa*

Uma vez conhecidas as fontes e causas dos resíduos e emissões, a Avaliação de Produção Mais Limpa entra na fase criativa. Tendo a mão o fluxograma do processo e o balanço de material, pode-se escolher a unidade de operação, material, correntes de resíduos e emissões que quer-se submeter mais urgentemente a mudanças de produção mais limpa.



**Figura 04** – Níveis da aplicação de produção mais limpa (fonte: adaptado de CNTL, 2007)

Deve-se buscar dar prioridade as medidas que eliminem ou minimizem os resíduos, efluentes e emissões no processo produtivo onde são gerados. Na figura 04, o nível 1 representa as medidas que evitam a geração de resíduos na fonte. Estas podem incluir modificações tanto no processo de produção quanto no próprio produto.

Segundo o CNTL (2003), sob o ponto de vista de resíduos, efluentes e emissões e levando-se em consideração os níveis e as estratégias de aplicação, a abordagem de produção mais limpa pode ser dada de duas formas: através da minimização de resíduos (redução na fonte), efluentes e emissões ou através da reutilização de resíduos (reciclagem interna e externa), efluentes e emissões.

### *Décimo primeiro passo – separar oportunidades*

Selecionar e priorizar as oportunidades de produção mais limpa para estudo posterior. Após ter sido gerado um número satisfatório de oportunidades, estas devem ser separadas. As que parecem mais promissoras devem ser submetidas a um estudo de viabilidade.

Se nem todas as oportunidades puderem ser implementadas ou avaliadas, elas devem ser priorizadas. As oportunidades listadas no topo podem ser sujeitas a uma avaliação durante o estudo de viabilidade. As oportunidades óbvias, de custo zero ou baixo custo, devem ser implementadas sem esse estudo.

### Etapa 4 – Estudo de Viabilidade

#### *Décimo segundo passo – avaliação preliminar*

Determinar o nível de detalhes no qual cada oportunidade deve ser avaliada e fazer uma relação das informações ainda necessárias para essa avaliação. Todas as oportunidades selecionadas devem, em princípio, ser avaliadas em sua viabilidade técnica, econômica e ambiental. Contudo, para algumas oportunidades pode não ser necessária uma avaliação tão abrangente. A avaliação preliminar determina que oportunidades necessitam de qual nível de avaliação técnica, econômica e ambiental.

Antes que as oportunidades sejam sujeitas a qualquer uma das três avaliações, elas precisam ser classificadas.

- Oportunidades de procedimentos versus oportunidades técnicas. Algumas oportunidades requerem mudanças de procedimentos e de empregados. Outras requerem uma mudança na técnica.
- Oportunidades relativamente simples versus oportunidades complexas. As oportunidades simples podem ser boas práticas de operação ou mudanças técnicas leves que podem ser implementadas com pequeno ou nenhum investimento, enquanto as oportunidades complexas podem requerer

substituição de uma unidade de operação, exigindo uma avaliação técnica e econômica extensiva.

- Oportunidades pouco onerosas versus oportunidades caras. As oportunidades podem ser selecionadas pelo julgamento de seus custos de implementação.

#### *Décimo terceiro passo - Avaliação Técnica*

Determinar a viabilidade técnica das oportunidades de produção mais limpa selecionadas.

Devem ser avaliados os impactos da medida proposta sobre o processo, a taxa de produção, a segurança, etc. Além do mais, podem ser exigidos testes de laboratório ou marchas de ensaio quando a oportunidade estiver mudando significativamente as práticas atuais do processo. As experiências de outras companhias com a oportunidade que está sendo considerada são muito úteis neste ponto e podem eliminar muitos testes internos.

Na avaliação técnica é importante considerar:

- O impacto da medida proposta sobre o processo, produtividade, segurança, etc.;
- Os testes de laboratório ou ensaios quando a opção estiver mudando significativamente o processo existente;
- As experiências de outras companhias com a opção que está sendo estudada;
- Todos os funcionários e departamentos atingidos pela implementação das opções;
- As necessidades de mudanças de pessoal, operações adicionais e pessoal de manutenção, além do treinamento adicional dos técnicos e de outras pessoas envolvidas.

#### *Décimo quarto passo - Avaliação econômica*

A viabilidade econômica é freqüentemente o parâmetro chave que determina se uma oportunidade será implementada ou não.

É aconselhável primeiro avaliar as oportunidades que provavelmente sejam atraentes economicamente. Isto reforça o interesse e o comprometimento da empresa com a produção mais limpa.

Na avaliação econômica é importante considerar:

- Os investimentos necessários;
- Os custos operacionais e receitas do processo existente e os custos operacionais e receitas projetadas das ações a serem implantadas;
- A economia da empresa com a redução/eliminação de multas.

#### *Décimo quinto passo - Avaliação Ambiental*

Um dos objetivos da produção mais limpa é a melhoria do desempenho ambiental de sua empresa. Portanto, é imperativa uma avaliação ambiental.

Pode-se distinguir três níveis para a avaliação ambiental:

- Avaliação simples, baseada na redução da toxicidade e quantidade de resíduos e emissões e perdas de energia.
- Avaliação profunda do efeito da composição de novas entradas e saídas.
- Simples avaliação do ciclo de vida

Na avaliação ambiental é importante considerar:

- A quantidade de resíduos, efluentes e emissões que será reduzida;
- A qualidade dos resíduos, efluentes e emissões que tenham sido eliminados verificar se estes contêm menos substâncias tóxicas e componentes reutilizáveis;
- A redução na utilização de recursos naturais.

### *Décimo sexto passo - Selecionar Oportunidades*

Documentar os resultados do estudo de viabilidade e oferecer uma lista de oportunidades de produção mais limpa que devem ser consideradas para a implementação.

A lista documentada das oportunidades viáveis e não-viáveis será usada durante a fase de implementação para obter aprovação e financiamento. As oportunidades viáveis e não viáveis que não forem implementadas podem ser recuperadas dos arquivos durante a próxima avaliação de produção mais limpa.

Os resultados encontrados durante as atividades de avaliação técnica, ambiental e econômica possibilitarão a seleção das medidas viáveis de acordo com os critérios estabelecidos pelo Ecotime, gerando os estudos de caso.

### Etapa 5 – Implementação

#### *Décimo sétimo passo - Preparar um Plano de Produção Mais Limpa*

Desenvolver um plano de implementação para oportunidades de produção mais limpa. Deve ser esboçado um plano, descrevendo a duração do projeto e os recursos humanos e financeiros necessários para a implementação das medidas.

O plano de produção mais limpa deve começar com uma avaliação preliminar da Avaliação de Produção mais Limpa. Devem ser obtidos recursos financeiros para implementação do conjunto de oportunidades resultante do Estudo de Viabilidade.

Algumas oportunidades de produção mais limpa não requerem muitas oportunidades e podem ser implementadas a qualquer tempo, independente dos empregados e do equipamento do processo. Outras oportunidades podem requerer mudança organizacional.

As informações sobre as mudanças, aos empregados e departamentos pertinentes, facilitam a implementação dessas oportunidades. Em alguns casos, é necessário o treinamento da equipe e dos empregados.

Para assegurar que as atividades de produção mais limpa em uma empresa não terminem com a implementação das oportunidades de produção mais limpa, deve-se documentar como serão continuadas as atividades de produção mais limpa, quem deve ser responsável e como a experiência da avaliação de produção mais limpa, deve ser repassada aos demais integrantes da empresa e também a outras instituições.

*Décimo oitavo passo - Implementar oportunidades de produção mais limpa*

A implementação de oportunidades de produção mais limpa envolvendo a modificação ou aquisição de equipamentos novos não é essencialmente diferente de qualquer outro projeto de investimento. Portanto, a empresa pode seguir os mesmos procedimentos que usou para a implementação de outros projetos.

Deve ser prestada atenção especial às necessidades de treinamento da equipe e dos empregados. Também é importante que as pessoas responsáveis pela implementação sejam informadas sobre o trabalho e o propósito da oportunidade, uma vez que a experiência da implementação tem, freqüentemente, sugestões úteis para esta fase.

*Décimo nono passo - Monitorar e Avaliar*

Existem três modos de monitorar a eficácia da oportunidade de produção mais limpa implementada. Você pode medir:

- Mudanças na geração de resíduos e emissões;
- Mudanças no consumo de recursos (incluindo energia);
- Mudanças na lucratividade.

A comparação do antes e depois é essencial para a avaliação das oportunidades implementadas. Ela permite mudanças decorrentes da oportunidade de produção mais limpa implementada. A comparação de antes e depois pode ser usada para mostrar à gerência o quanto são efetivas as oportunidades implementadas.

### *Vigésimo passo - Sustentar atividades de produção mais limpa*

O melhor modo de sustentar atividades de produção mais limpa é introduzir um programa de produção mais limpa que inclua todas as atividades necessárias para obter entusiasmo e comprometimento com avaliações de produção mais limpa repetidamente conduzidas.

## **2.4.A CONSTRUÇÃO CIVIL E O MEIO-AMBIENTE**

Segundo a Construbusiness (2006 apud MATTOSINHO, 2009, p.3), a indústria da construção civil ocupa posição de destaque na economia nacional, sendo responsável por uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Dados recentes indicam que o macro complexo construção civil responde por 15% do PIB nacional. Além desta participação direta no PIB, destaca-se também o grande contingente de mão-de-obra direta empregada, que corresponde a 3,92 milhões de empregos, sendo o maior setor empregador da economia nacional.

Observa-se então que a Construção Civil tem um papel muito importante na sociedade no que tange a movimentação da economia nacional. Sua importância não pode ser negada com relação a esse fato. Além disso, o setor ajuda no desenvolvimento econômico e social do país. Ou seja, a construção civil tem uma grande influencia nas atividades socioeconômicas do país.

Mas também o setor da construção civil vem sendo lembrado pelo descaso com o meio ambiente, contribuindo em grande parcela na deterioração ambiental.

A UNEP (2007) demonstra a importância do setor da construção civil no mundo e também os impactos ambientais causados pelo mesmo:

- 111 milhões de pessoas diretamente empregadas.
- 75% trabalham nos países em desenvolvimento.
- 90% trabalham em micro empresas (<10 empregados).
- 10% do PIB mundial (Produto Interno Bruto).
- Investimento mundial de \$ 3.000 bilhões de dólares por ano.
- 25 a 40% do total de energia utilizada em todo o mundo.

- 30 a 40% da geração de resíduos sólidos.
- 30 a 40% dos gases responsáveis pelo efeito estufa.

A Construção Civil dá origem a vários tipos de resíduos; estes por sua vez são derivados de processos de demolição e construção. Outra característica desse setor é que são usados tanto materiais renováveis e não renováveis de uma forma abusiva. A Construção Civil causa impactos ambientais em todas as etapas do seu processo: extração de matérias-primas, produção de materiais, construção em geral, uso e demolição.

Tabela 01- Geração de resíduos nas principais cidades brasileiras

<b>CIDADES GERADORAS</b>	<b>GERAÇÃO ESTIMADA (ton/mês)</b>
SÃO PAULO	372.000
RIO DE JANEIRO	27.000
BRASILIA	85.000
BELO HORIZONTE	102.000
PORTO ALEGRE	58.000
SALVADOR	44.000
RECIFE	18.000
CURITIBA	74.000
FORTALEZA	50.000
FLORIANÓPOLIS	33.000

Fonte: Pinto, 1987 apud CNTL, 2007, p.11

Comprovando a relevância desse tema, Furtado (2005 apud MATTOSINHO, 2009, p.3), cita dados levantados nos Estados Unidos, que podem servir de indicativo para outros países industrializados; a construção civil é responsável por: 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. Demonstrado isso, deve buscar ações para reduzir o impacto ambiental. Para Souza, (1995 apud POZZOBON, 1999) uma das características da Construção Civil é o desperdício. A falta de qualidade dentro das empresas de construção civil pode ser observada das seguintes formas:

- Através das falhas durante do processo de produção. Estas falhas causam perda de materiais, que por sua vez saem da obra na forma de entulho ou ficam agregados a ela sem nenhuma função; o retrabalho feito para corrigir serviços em não-conformidade com o especificado; e os tempos ociosos de mão-de-obra e equipamentos, por deficiência de planejamento de obras e ausência de uma política de manutenção de equipamentos;
- Através das falhas nos processos gerenciais e administrativos da empresa, dadas por compras feitas apenas na base do menor preço; deficiências nos sistemas de informação e comunicação da empresa; programas de seleção, contratação e treinamento inadequados; perdas financeiras por deficiência de contrato 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, causando prejuízo na imagem da empresa junto ao mercado.

Esse conjunto de falhas indica a necessidade de combate ao desperdício, o potencial de redução de custos e de uso de matéria-prima e o aumento da competitividade das empresas.

A preocupação com a conservação ambiental ocupa, nos dias atuais, uma significativa parcela dos investimentos e dos esforços administrativos de vários segmentos das atividades econômicas.

A atenção quanto ao esgotamento das reservas das fontes de matéria-prima vem crescendo, especialmente se estas fontes não forem renováveis. Diversos problemas são originados pela retirada de materiais (especialmente matérias-primas de construção) da natureza, causando impacto na extração e na geração de resíduos em todas as fases de transformação.

As empresas de construção civil no Brasil têm procurado meios para melhorar a qualidade dos serviços e produtos empregados. Juntamente com esse fato, percebe-se que as construtoras têm buscado tornar seus produtos mais atrativos,

para isso vêm buscando maneiras de tornar os custos das obras mais competitivos. Muitas empresas construtoras perceberam que se comprometer com a causa ambiental pode ser um bom negócio. Pode vir a reduzir custos e melhorar a imagem da empresa no mercado.

Segundo Roth (2008) na indústria da construção civil, em especial da construção de edificações, a produção mais limpa pode ser empregada tanto no processo de produção dos materiais de construção como no processo de produção das obras construtivas propriamente ditas. O uso das técnicas de produção mais limpa faria com que houvesse a minimização e possível não geração de resíduos proporcionando benefícios como: redução dos custos econômicos, estabelecida pelo uso mais racional de matéria prima, energia e menor gasto com a disposição dos resíduos; a aproximação da construção sustentável; e facilidade para o cumprimento de leis e normas ambientais.

## **2.5. ASSENTAMENTO DE PLACAS CERÂMICAS**

É preciso muito mais que saber “ler” as plantas arquitetônicas para se fazer um bom assentamento de piso cerâmico, segundo Gerolla (2009); ele afirma que muitas vezes, o projeto de paginação é inexistente, e deve-se considerar as especificações do fabricante da cerâmica, observando-se as necessidades de nivelamento do contrapiso e argamassas colantes mais indicadas.

Gerolla (2009) ainda diz para ficar atento a todas as especificações dos fabricantes, pois estes costumam indicar as argamassas mais apropriadas para seu produto, como também os rejuntas. No mercado, as massas para pastilhas e porcelanatos são diferentes, e há diversas versões para ambientes externos e internos. Com relação a rejuntas e insertes, os últimos opcionais, também é preciso observar especificações do fabricante.

Seguindo as explicações e dicas, Gerolla (2009) diz que caso o porcelanato tenha dimensões maiores que 60 cm x 60 cm, deve-se aplicar uma camada de argamassa tanto no piso como na contraface da peça (camada dupla).

Gerolla (2009) diz ainda que quanto ao desenho, é importante destacar que a colocação em diagonal tem mais recortes, portanto gera mais desperdícios. O projeto deve indicar onde o trabalho deve ser iniciado, para que o desenho "otimize" os ganhos de espaço e reduza a necessidade de recortes. Outro ponto importante é o tamanho da peça, quanto maior o tamanho, mais aparente será o erro de cálculo das quantidades a serem compradas. A cada pequeno erro da execução, a perda também poderá ser enorme. Nesses projetos, em vez de se calcular a área total de piso e adicionar à conta os tradicionais 10% (para assentamento reto) ou 15% (para o diagonal), a saída é contar quantas peças cabem dentro daquela área. A essa conta, por medida de cautela, acrescenta-se 5%.

Para Agopyan et. al (1998), a tabela 02 mostra estatísticas de pesquisa realizada por ele e outros pesquisadores onde pode-se ver as perdas de placas cerâmicas em várias obras. Pode-se visualizar as medidas de posição (mediana e média), as de dispersão (diferença entre quartis, desvio padrão e valores de máximo e mínimo) e o tamanho da amostra (n).

Tabela 02- Estatísticas de perdas de placas cerâmicas em estudo da PCCUSP e FINEP

<b>SEÇÃO NOMINAL</b>	<b>MÉDIA (%)</b>	<b>MEDIANA (%)</b>	<b>DESVIO P.</b>	<b>DIF. QUARTIS (%)</b>	<b>MÍNIMO (%)</b>	<b>MÁXIMO (%)</b>	<b>n</b>
<i>PISO</i>	22	19	19	12	5	78	13
<i>PAREDE</i>	16	13	14	18	(1)	50	28
<i>FACHADA</i>	12	13	7	7	5	19	3

Fonte: adaptado de Agopyan et al, 1998.

Vê-se que as perdas de cerâmica são relativamente altas, e como este material é bastante usado na construção civil brasileira torna-se viável a aplicação da metodologia de produção mais limpa no processo de assentamento, na intenção de minimizar a geração de resíduos.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Minayo (1993, p.23 apud SILVA; MENEZES, 2001, p.19) pesquisa é “atividade básica das ciências na sua indagação e descoberta da realidade. É uma atitude e uma prática teórica de constante busca que define um processo intrinsecamente inacabado e permanente. É uma atividade de aproximação sucessiva da realidade que nunca se esgota, fazendo uma combinação particular entre teoria e dados”.

Já para Gil (1999, p.42 apud SILVA; MENEZES, 2001, p.19) pesquisa é um “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”.

Por se tratar de um tema não muito presente nas empresas, a redução de resíduos na fonte, essa pesquisa transcorreu basicamente de maneira prática.

A forma de abordagem do problema foi de caráter qualitativo, ou seja: “O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. É descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem.” (SILVA, E., 2001, p.20)

Com relação aos seus objetivos, a pesquisa foi exploratória, ou seja:

“[...] visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão. Assume, em geral, as formas de Pesquisas Bibliográficas e Estudos de Caso.” (Gil, 1991 apud SILVA, E., 2001, p.21)

Considerando os procedimentos técnicos, a pesquisa caracterizou-se como um estudo de caso, ou seja:

“[...] quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.” (Gil, 1991 apud SILVA, E. 2001 p.21)

O planejamento de uma pesquisa dependerá basicamente de três fases:

- **fase decisória:** referente à escolha do tema, à definição e à delimitação do problema de pesquisa;
- **fase construtiva:** referente à construção de um plano de pesquisa e à execução da pesquisa propriamente dita;
- **fase redacional:** referente à análise dos dados e informações obtidas na fase construtiva. É a organização das idéias de forma sistematizada visando à elaboração do relatório final.[...] (SILVA, E., 2001, p.22, grifo do autor)

### 3.2. DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

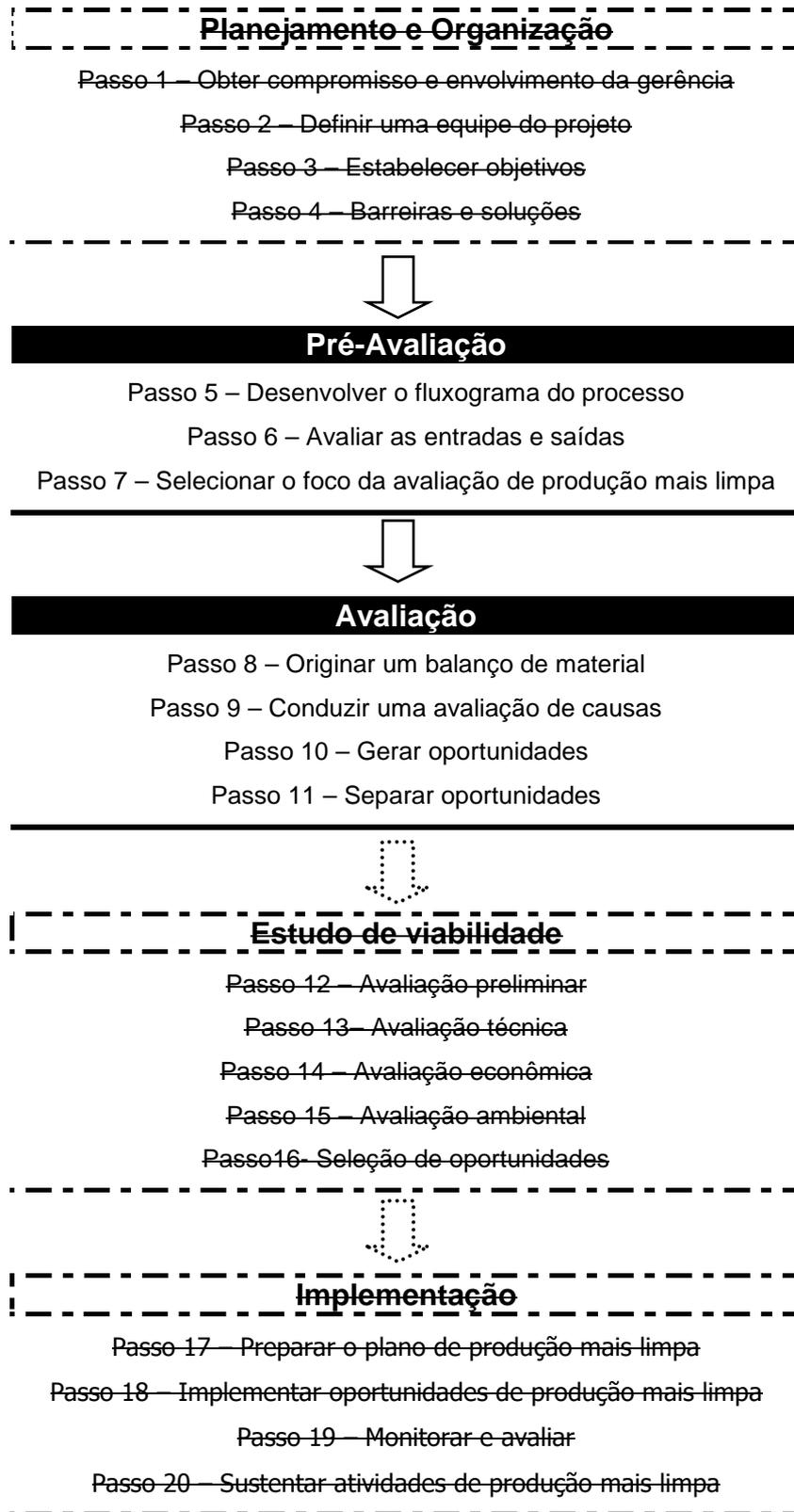
Sendo essa pesquisa basicamente um estudo de caso, torna-se difícil estabelecer um roteiro que não seja flexível, pois pode-se encontrar locais e situações muito diferentes. Desse modo, ficaria impossível estabelecer um roteiro rígido para o estudo de caso.

As unidades de análise foram escolhidas basicamente por disponibilidade de acesso ao local. Primeiramente pensou-se em três obras a serem analisadas, contudo foi possível realizar a pesquisa em apenas duas obras. Este trabalho focou-se em avaliar os serviços de assentamento de placas cerâmicas; sejam em piso, parede ou ambos. Analisou ainda a possibilidade de minimizar os resíduos na fonte geradora.

Pelas características da pesquisa e das próprias obras estudadas, algumas etapas da metodologia de Produção mais Limpa não foram realizadas ou foram apenas comentadas e sugeridas. Contudo a pesquisa não ficou prejudicada, uma vez que os objetivos puderam ser cumpridos de forma satisfatória.

Infelizmente foi realizado apenas as etapas de pré-avaliação e avaliação, baseadas na metodologia de Produção mais Limpa, como ilustrado na figura 05. A etapa principal, Planejamento e Organização, ficou prejudicada devido a falta de um

real interesse das gerências das obras em se envolverem e darem o apoio necessário ao andamento dos trabalhos.



**Figura 05** – etapas da Produção mais Limpa realizadas na pesquisa

### 3.3. COLETA DE DADOS

O êxito na coleta de dados se dá somente com paciência e persistência, “[...]os dados são colhidos iterativamente, num processo de idas e voltas, nas diversas etapas da pesquisa e na interação com seus sujeitos.” (Chizzotti, 1991, p. 89 apud ARAUJO A., 2002, p.72)

Este trabalho utilizou a análise de documentos, entrevistas e observações como fontes de evidências. Em um primeiro momento, o estudo de caso realizou-se por meio de entrevistas semi-estruturadas, dessa maneira o roteiro não é rígido, podendo-se explorar mais amplamente algumas questões.

A idéia inicial era a pesquisa em três obras, porém foi possível apenas a realização dos trabalhos em apenas duas obras. A maior dificuldade observou-se quanto a quantificação dos resíduos; não conseguiu-se nomear um responsável pela quantificação dos resíduos nas obras estudadas. Ficaram a cargo do pesquisador as medições dos resíduos e a tentativa de monitoramento dos resíduos gerados com a finalidade de permitir que os mesmos se aproximassem ao máximo da realidade. As medições eram realizadas um balde e uma balança de mola.

Após a verificação das áreas que poderiam servir para a avaliação do processo nas respectivas obras, era aguardado o início dos trabalhos para ser passado aos funcionários a finalidade da pesquisa e como eles deveriam proceder. Foi pedido que eles realizassem o assentamento das cerâmicas normalmente, e que todo corte e resíduo fosse separado e armazenado no mesmo local onde ocorreram os trabalhos. As medições eram feitas somente quando o assentamento já tivesse sido realizado em sua totalidade; os dados obtidos foram anotados em planilhas discriminadas por ambientes e posteriormente agrupadas em uma planilha única por tipo de cerâmica e obra. As visitas as obras realizaram-se uma vez na semana, no período de setembro à novembro.

### **3.4. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS**

A interpretação dos dados foi realizada após se julgar suficiente a quantidade de informações para a pesquisa. Dessa interpretação pretendeu-se traçar diretrizes para evitar o desperdício e tentar eliminar o problema na fonte, caso fosse possível.

A abordagem quantitativa foi de extrema importância na pesquisa, pois possibilitou a mensuração das entradas e saídas e a definição de seus indicadores. Somente a abordagem qualitativa não possibilitaria a visualização de dados que se aproximassem da realidade do objeto de estudo.

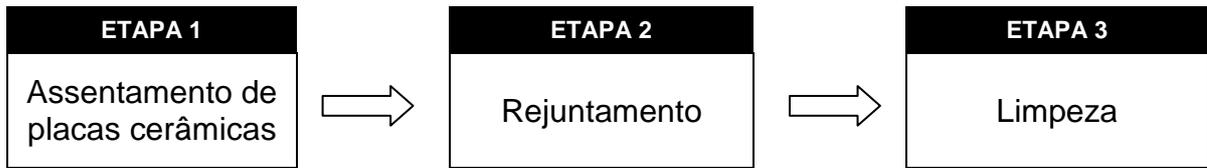
## 4. ANÁLISE DA EXECUÇÃO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Nesta pesquisa, propôs-se avaliar o processo de aplicação de placas cerâmicas em obras da cidade do Salvador. Foram analisadas duas obras.

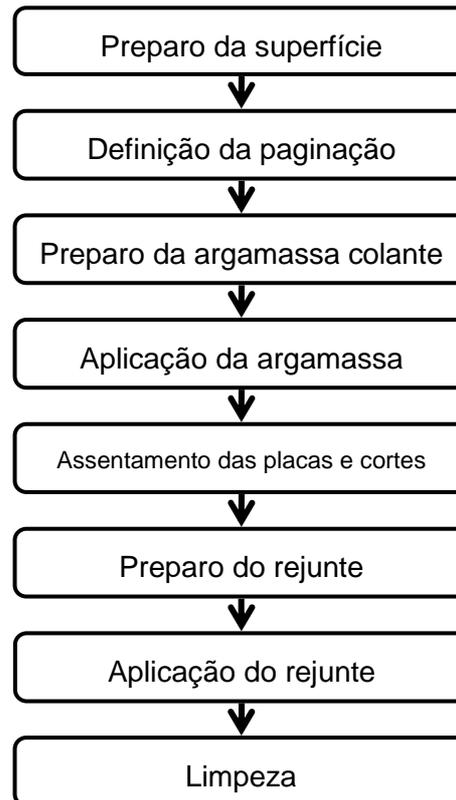
### 4.1. PRÉ-AVALIAÇÃO

Nas Obras estudadas, realizou-se uma fase de pré-avaliação que consistiu em uma visita técnica às obras. Nestas visitas, buscou-se alcançar alguns objetivos com intuito de melhor conduzir a pesquisa.

- amplitude da avaliação: realizou-se uma visita às obras em andamento. Nas duas obras todos os projetos necessários para execução das obras já estavam concluídos (arquitetônico, hidrossanitário, elétrico etc.). Conforme definido anteriormente, a etapa da construção a ser avaliada seria o assentamento de placas cerâmicas. Diante disto, avaliou-se onde estava ocorrendo o respectivo serviço e se a coleta de dados seria satisfatória.
- estabelecer a estratégia a ser adotada para execução do trabalho: ficou estabelecido que antes do início de cada serviço realizar-se-ia uma conversa com os responsáveis pelo assentamento das placas cerâmicas, para que os mesmos ficassem cientes do trabalho e da idéia da Produção mais Limpa; estes por sua vez apenas deveriam separar os resíduos, sendo as medições realizadas pelo pesquisador.
- elaborar o(s) fluxograma(s) de produção: buscou-se a elaboração dos fluxogramas dos serviços de execução de revestimento cerâmico. Em ambas as obras as características dos processos foram bastante semelhantes, diferenciando-se apenas pelas distâncias percorridas e os tempos de transporte do almoxarifado ao local do assentamento, e também a mão-de-obra utilizada; na obra “A” eram funcionários da empresa, na obra “B” eram funcionários terceirizados. Esses fluxogramas apresentam-se nas figuras 06 e 07.



**Figura 06** – fluxograma simplificado do processo produtivo nas obras A e B



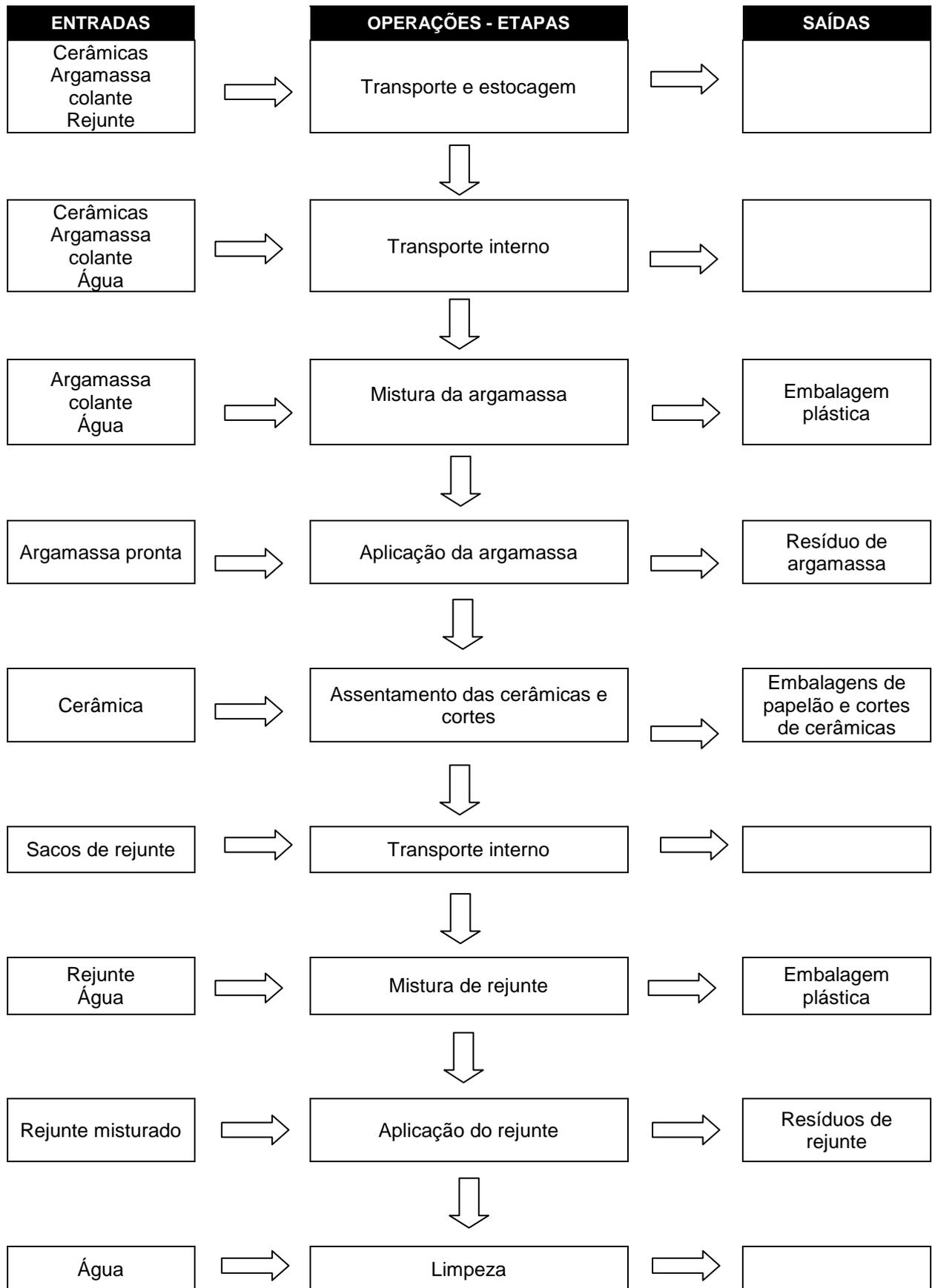
**Figura 07** – fluxograma simplificado das etapas do processo produtivo nas obras A e B

Abaixo pode-se observar uma descrição das etapas do processo de assentamento de placas cerâmicas:

- *Preparo da superfície*: limpeza da superfície onde serão assentadas as placas cerâmicas do revestimento cerâmico.
- *Definição da modulação (paginação)*: é a definição da disposição da cerâmica no ambiente.
- *Preparo da argamassa colante em pó*: consiste na mistura da argamassa colante com água.

- *Aplicação da argamassa:* consiste na aplicação da argamassa no local onde serão assentadas as placas cerâmicas.
- *Assentamento das placas cerâmicas e possíveis cortes:* assentamento das peças de cerâmica sobre a argamassa recém aplicada. Os cortes da cerâmica se fazem presentes para acomodar a mesma nos locais preestabelecidos para o revestimento.
- *Preparo da argamassa de rejunte:* consiste na mistura da argamassa com água para realização do rejuntamento.
- *Rejuntamento:* consiste na aplicação da argamassa entre as peças de cerâmica, ou seja, o rejunte. Deve-se seguir as especificações do fabricante, a fim de assegurar a correta execução do serviço, bem como assegurar a garantia do produto utilizado.
- *Limpeza:* remoção do excesso de rejunte nas juntas e sobre as placas cerâmicas.

Na figura 06 pode-se observar o fluxograma mais detalhado do processo de assentamento das placas cerâmicas nas obras “A” e “B”. na figura 06 ainda pode-se avaliar o processo de forma mais detalhada, visualizando as entradas e saídas. Desse modo é possível identificar em qual etapa do processo são gerados os resíduos. Esse diagrama age como uma ferramenta para obtenção de dados necessários para a formação de uma estratégia de minimização da geração de resíduos.



**Figura 08** – Fluxograma do processo nas obras A e B

## 4.2. ASSENTAMENTO DAS PLACAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO

### 4.2.1. Obra “A”

A obra “A” é um edifício multiresidencial de padrão alto, com um total de área construída de 27.358 m<sup>2</sup>, divididos em três níveis de garagens, playground, mezanino, vinte e oito andares de apartamentos (2,3 e 4, quartos; lofts; duplex; triplex) e a cobertura.

Foram analisados os assentamentos de placas cerâmicas em dois apartamentos: um com 151m<sup>2</sup> (2 quartos, 2 suítes, lavabo, living, sanitário social, cozinha, área de serviço, quarto de serviço, banheiro de serviço, varanda, circulação) e outro com 150,13m<sup>2</sup>, duplex ( living, cozinha, área de serviço, quarto de serviço, banheiro de serviço, lavabo, varanda, 3 suítes).

#### 4.2.1.1. Diagnóstico Ambiental e de Processos

Primeiramente, identificou-se os materiais e insumos a serem utilizados no assentamento das placas cerâmicas. Este levantamento consistiu basicamente dos levantamentos feitos na obra para o início do revestimento cerâmico. Sendo assim, os materiais utilizados foram:

- Cerâmicas de dimensões 20x20cm, 25x41cm, 41x41cm, 60x60cm.
- Mistura para argamassa colante em pó.
- Rejunte para cerâmica.
- Água para argamassa e rejunte.

O produto a ser produzido foi a área a ser revestida, ou seja, 237,45m<sup>2</sup>. As entradas foram consideradas as áreas dos ambientes a serem revestidos, sem as perdas que geralmente admite-se quando são feitos os cálculos para a compra do material. No quadro 02 pode-se visualizar as entradas do processo e o custo dos resíduos gerados.

Quadro 02 – entradas e saídas do processo com respectivos custos da Obra “A”

materiais e insumos	entradas		custo de compra		valor total	resíduos gerados		consumo efetivo	custo dos resíduos
	(m <sup>2</sup> )	(kg)	(R\$/m <sup>2</sup> )	(R\$/kg)		(m <sup>2</sup> )	(kg)		
cerâmica 60x60	36,43	769,0	55,56	2,63	2023,89	3,84	81,1	40,27	213,42
cerâmica 41x41	33,8	568,0	9,03	0,53	305,33	4,20	71,3	38,00	37,98
cerâmica 25x41	115,99	1830,0	9,45	0,60	1096,49	12,47	197	128,46	117,87
cerâmica 20x20	51,2	669,7	16,73	1,28	857,249	2,94	38,5	26,07	49,24
embalagem papelão	-	-	-	-	-	-	32,42	-	-
argamassa colante em pó	-	941,2	-	0,89	835,32	-	54,7	995,9	48,55
água para argamassa	-	150,2	-	-	-	-	-	150,2	-
embalagem plástica argamassa	-	-	-	-	-	-	3,3	-	-
rejunte	-	111,6	-	2,06	229,45	-	6,0	117,6	12,23
água para rejunte	-	29,5	-	-	-	-	29,5	29,5	-
embalagem plástica rejunte	-	-	-	-	-	-	1,43	-	-

Para a cerâmica, foi verificado o consumo de materiais, que representou a entrada no processo (3836,7kg); os resíduos foram medidos diretamente, em massa; a soma entre a área a ser executada e a quantidade de resíduos foi o consumo efetivo (4224,6kg).

Para a argamassa colante, foi previsto um determinado gasto de materiais, que foi a entrada (941,2kg); o consumo efetivo foi o consumo estimado (941,2kg) para a execução do serviço mais os resíduos gerados (54,7kg), ou seja, 995,9kg.

Para o rejunte, também foi previsto um determinado gasto de materiais (111,6kg), sendo a entrada; o consumo efetivo, mais uma vez, foi o consumo estimado (111,6) para a execução do serviço mais os resíduos gerados (6,0kg), ou seja, 117,6kg.

Os insumos e materiais descritos acima, encontravam-se todos armazenados em local apropriado, no almoxarifado da obra; todos identificados e separados por tipo. Com relação ao acondicionamento dos mesmos, todos se encontravam em suas embalagens originais, ou seja, a argamassa e o rejunte em suas respectivas embalagens plásticas e as placas cerâmicas em suas caixas de papelão.

Os equipamentos utilizados no processo foram: a colher de pedreiro, desempenadeira, mangueira de nível, nível manual, sarrafo, policorte, maquina, trena, linha.

Pôde-se observar que parte dos resíduos de cerâmica eram utilizados como “taliscas” para a confecção das “mestras”, as quais servem para determinar a espessura e nível da argamassa (piso ou parede). Algumas peças já cortadas, eventualmente, também eram reaproveitadas para assentamento em outro local.

As embalagens plásticas e de papelão eram dispostas no próprio local, juntamente com restos de argamassa, rejunte e restos de materiais de outros serviços, sem qualquer preocupação na separação por tipo. Estes, por sua vez, não tinham uma programação a seguir quanto à sua disposição e descarte; poderiam ser removidos do local onde ocorreu o serviço no mesmo dia, no dia seguinte, ou até mesmo uma semana depois.

#### *4.2.1.2. Balanço Ambiental, Econômico e Tecnológico*

Aqui, pretendeu-se buscar respostas para algumas questões:

- Em qual etapa do processo os resíduos de cerâmica são gerados?
- Os resíduos de argamassa colante em pó para cerâmica são gerados em qual etapa do processo?
- Qual é a etapa do processo que gera os resíduos de rejunte?
- Qual etapa do processo é responsável pelos resíduos derivados de embalagens?

No quadro 03 pode-se ver o Balanço Ambiental da Execução de Revestimento Cerâmico, possibilitando a identificação das etapas onde foram gerados os resíduos.

Quadro 03 – Balanço ambiental do assentamento cerâmico da Obra “A”

PROCESSO PRODUTIVO					
ENTRADAS			ETAPAS	SAÍDAS	
materia-prima	kg	água		resíduos sólidos	kg
cerâmica	3836,7		1. transporte e estocagem		
argamassa colante	941,2				
rejunte	111,6				
cerâmica	3836,7		2. transporte interno		
argamassa colante	941,2				
água		150,2			
argamassa colante	941,2	150,2	3. mistura da argamassa	embalagem plástica	3,3
argamassa misturada			4. aplicação da argamassa	restos de argamassa	54,7
placas cerâmicas	3836,7		5. assentamento das cerâmicas	cortes cerâmicas	387,9
				caixas papelão	32,42
rejunte	111,6		6. transporte interno		
rejunte	111,6	29,5	7. mistura do rejunte	embalagem plástica	1,43
rejunte misturado			8. aplicação do rejunte	resto de rejunte	6,0
			9. limpeza		

Os resíduos de argamassa colante em pó para cerâmica são gerados na etapa 4. Porém, a etapa 3 também contribui para o seu desperdício. Quanto aos resíduos de rejunte, a etapa 8 é a geradora. Porém, pode-se ver o seu desperdício também na etapa 7.

Referindo-se à causa da geração de resíduos de argamassa e rejunte, deve-se ressaltar que o desperdício ocorreu devido à perda das características normais de uso pelo quantidade excessiva preparada para execução do serviço.

As caixas de papelão surgem da etapa 5, pois servem de acondicionamento da cerâmica. Os resíduos plásticos, ou seja, as embalagens também possuem função de acondicionamento dos materiais, sendo seus pontos de geração as etapas 3 e 7, respectivamente, preparo da argamassa colante em pó e preparo do rejunte. Como os resíduos dos outros materiais, as embalagens de plástico e de papelão foram armazenadas em container aberto, misturadas com resíduos de outros materiais.

Através da visualização das etapas e das observações em campo verificou-se que os resíduos de cerâmica foram gerados na etapa 5, sendo que a causa da geração ocorreu por alguns motivos:

- falta de um projeto arquitetônico mais detalhado, inclusive com modulação das cerâmicas, para deste modo evitar dúvidas quanto à execução do serviço;
- falta de cuidado e atenção da pessoa que executou o serviço, ocasionando peças mal assentadas, gasto excessivo de argamassa, quebra de peças, falta de otimização na modulação das peças; causando assim retrabalho e desperdício das peças de cerâmica;
- resistência por parte de alguns funcionários quando se fala em novos métodos de execução, demonstrando a dificuldade de mudança no processo;
- falta de adequação da área executada com as dimensões da cerâmica, ou seja, não foi pensado durante a elaboração do projeto arquitetônico a otimização do uso das placas cerâmicas, resultando em muitas áreas de corte e arremates;
- falta de comunicação entre as várias frentes de trabalho presentes na obra. Alguns serviços não foram realizados em uma seqüência lógica, ou seja, a antecipação de alguns serviços prejudicou a execução de outros, que deveriam ser executados antes, ocasionando assim retrabalho e perda de material.
- Por haver a possibilidade de unidades modificadas, a interferência direta do cliente criou acabamentos e configurações espaciais diferentes das áreas padrões do projeto, fazendo que o responsável pelo serviço tenha que se adaptar a uma nova situação, a geração de mais cortes e arremates, e a retirada de peças já assentadas, caso ocorresse.

#### *4.2.1.3. Avaliação do Balanço elaborado e identificação das Oportunidades de Produção Mais Limpa.*

Através do Balanço ambiental do processo e de observações realizados no local, foi possível estabelecer algumas oportunidades de Produção Mais Limpa:

- **Redução ou eliminação dos resíduos de cerâmica:** os projetos arquitetônicos devem, já durante sua concepção, considerar a otimização do uso das cerâmicas. Estes devem se antecipar a problemas como áreas de difícil assentamento e muitos cortes de peças cerâmicas. Os revestimentos devem ser pensados juntamente com o processo criativo de concepção do projeto; levando em conta as dimensões do ambiente e de seus revestimentos, pode-se eliminar ou minimizar ao máximo a possibilidade de cortes nas cerâmicas, contribuindo assim para facilitar o assentamento e conseqüentemente um aumento da produção.

Caso haja a impossibilidade de se realizar a compatibilidade ainda na fase de projeto, deve-se tentar minimizar os cortes de cerâmicas através da paginação dos ambientes, levando em conta a cerâmica especificada. Pode-se, também, sugerir a aplicação de outro tipo de cerâmica, que possibilite a redução de cortes e resíduos, sem comprometer o efeito estético final.

Deve-se, também, escolher cuidadosamente as equipes de assentamento para evitar perdas de peças e retrabalhos. Outro ponto importante é a coordenação, acompanhamento e monitoramento constante de todos os serviços que devem ser executados no local do assentamento, isto é de fundamental importância para que se evite a interferência entre processos, minimizando ao máximo atrasos, retrabalhos e perdas de materiais.

- **Reutilização dos resíduos de cerâmica:** pode-se reaproveitar os cortes de cerâmicas para a confecção de “mestras” na execução de contra-pisos e também na execução de reboco.

Outra sugestão é a utilização dos resíduos cerâmicos em composições paisagísticas em forma de mosaicos em pisos ou paredes, ou ainda no revestimento de balcões, bancadas, mesas etc..Para que isso ocorra na própria obra, deve-se pensar ainda na fase de projeto nessa possibilidade. Deve-se pensar também em parceiros, ou pessoas físicas que aproveitem os resíduos para esses fins, e desse modo fazer a doação desse material aos mesmos.

- **Minimização dos resíduos de argamassa colante em pó e rejunte:** deve-se realizar as misturas de forma racional, ou seja, em pequenas proporções; dessa forma o desperdício que ocorre pelas perdas das características do material (tempo em aberto) será evitado.
- **Reciclagem externa das embalagens de papelão e plástico:** deve-se realizar a separação desses materiais de forma adequada (armazenamento temporário e acondicionamento), para possibilitar a reciclagem externa dos mesmos (coleta seletiva).

#### *4.2.1.4. Priorização das oportunidades identificadas na avaliação*

1º - ainda durante a fase de projeto, pensar na compatibilização harmoniosa entre os revestimentos e as áreas a serem revestidas, ou seja, as áreas do projeto e as dimensões das placas cerâmicas devem ser compatíveis;

2º - fazer o projeto de paginação do ambiente, possibilitando a escolha da configuração final do ambiente revestido de modo a possibilitar o efeito estético pretendido com as menores perdas possíveis de cerâmicas;

3º - sensibilizar e treinar os funcionários que irão executar o revestimento cerâmico, melhorando assim a qualidade do serviço. Eles estarão mais sensíveis as questões ambientais e a importância de se evitar desperdícios (cerâmicos, de argamassa, de rejunte);

4º - reutilizar os recortes cerâmicos como “mestras” e para a confecção de mosaicos;

5º - separar, acondicionar e armazenar de forma apropriada as embalagens plásticas e de papelão, possibilitando sua reciclagem externa.

Inicialmente, tenta-se minimizar a geração de resíduos de cerâmica, argamassa e rejunte. Uma vez que já se tentou minimizar a geração de resíduos, e mesmo assim a redução não foi satisfatória, o reaproveitamento interno dos mesmos deve ser verificado. Após a tentativa de se reduzir os resíduos de cerâmicas, argamassas e rejunte, deve-se, então, viabilizar a reciclagem externas dos mesmos.

#### 4.2.1.5. Definição dos indicadores do processo

Os indicadores gerados através dos dados coletados podem ser observados no quadro 04. São eles: geração de resíduos de cerâmica, eficiência na utilização da cerâmica, consumo de argamassa, eficiência no consumo de argamassa, geração de resíduos de argamassa consumo de rejunte, geração de resíduos de rejunte, eficiência na utilização do rejunte, custo do desperdício da cerâmica.

Quadro 04 – Indicadores Ambientais do processo de assentamento cerâmico na obra “A”

INDICADORES				
NOME	DESCRIÇÃO	VALOR	Valores (ARAUJO, 2002)	UNIDADE
geração de resíduos de cerâmica	resíduo cerâmico/área de revestimento cerâmico	1,6	2,81	kg/m <sup>2</sup>
		0,10	0,16	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
eficiência na utilização da cerâmica	resíduo cerâmico/consumo efetivo cerâmico	91,01	86,24	%
consumo de argamassa	consumo efetivo de argamassa/área de revestimento cerâmico	4,2	3,42	kg/m <sup>2</sup>
eficiência na utilização da argamassa	resíduo de argamassa/consumo efetivo de argamassa	94,51	93,12	%
geração de resíduos de argamassa	resíduo de argamassa/área de revestimento cerâmico	0,23	0,23	kg/m <sup>2</sup>
consumo de rejunte	consumo efetivo de rejunte/área de revestimento cerâmico	0,50	0,43	kg/m <sup>2</sup>
geração de resíduos de rejunte	resíduo de rejunte/área de revestimento cerâmico	0,03	0,08	kg/m <sup>2</sup>
eficiência na utilização do rejunte	resíduo de rejunte/consumo efetivo de rejunte	94,94	81,92	%
custo de desperdício de cerâmica 20x20	(resíduo cerâmico gerado x custo da cerâmica)/área de revestimento cerâmico	0,96	3,06	R\$/m <sup>2</sup>
custo de desperdício de cerâmica 25x41	(resíduo cerâmico gerado x custo da cerâmica)/área de revestimento cerâmico	1,02	Não se aplica	R\$/m <sup>2</sup>
custo de desperdício de cerâmica 41x41	(resíduo cerâmico gerado x custo da cerâmica)/área de revestimento cerâmico	1,12	Não se aplica	R\$/m <sup>2</sup>
custo de desperdício de cerâmica 60x60	(resíduo cerâmico gerado x custo da cerâmica)/área de revestimento cerâmico	5,86	Não se aplica	R\$/m <sup>2</sup>
custo médio de desperdício cerâmico	média dos desperdícios específicos	2,24	Não se aplica	R\$/m <sup>2</sup>

Os indicadores apresentados basearam-se nos mesmos indicadores que Araújo (2002) gerou em seu trabalho sobre produção mais limpa. Sendo que dentre esses alguns podem ser mais interessantes para as empresas: geração de resíduos de cerâmica, custo de desperdício de cerâmica e consumo de argamassa.

Os dados utilizados para fornecer os indicadores foram os seguintes:

- área de revestimento cerâmico = 237,45m<sup>2</sup>
- custo do m<sup>2</sup> das cerâmicas utilizadas = ver nas tabelas
- Consumo efetivo de cerâmica = 260,91m<sup>2</sup> ou 4224,6kg
- Resíduos de cerâmica = 23,46m<sup>2</sup> ou 387,9kg
- Consumo efetivo de argamassa colante em pó para cerâmica = 995,9kg
- Resíduos de argamassa = 54,7kg
- Consumo efetivo de rejunte = 117,55kg
- Resíduos de rejunte = 6,0kg

#### 4.2.2. Obra "B"

A obra "B" também é um edifício multiresidencial de padrão alto, ela divide-se em dois níveis de garagens, playground, mezanino e doze andares de apartamentos (3 suítes e duplex).

Foram analisados os assentamentos de placas cerâmicas nos living's de quatro apartamentos e nos halls de elevadores dos mesmos, totalizando 126,12m<sup>2</sup>. Os apartamentos analisados possuem um total de 123,89m<sup>2</sup> de área privativa (3 suítes, circulação, lavabo, living, varanda, cozinha, serviço, quarto de serviço e w.c. de serviço).

##### 4.2.2.1. Diagnóstico Ambiental e de Processos

Como na obra anterior, identificou-se os materiais e insumos a serem utilizados no assentamento das cerâmicas:

- Cerâmicas de dimensões 40x40cm e 45,5x45,5cm.
- Mistura para argamassa colante em pó.
- Rejunte para cerâmica.
- Água para argamassa e rejunte.

O produto a ser produzido foi a área a ser revestida, ou seja, 126,12m<sup>2</sup>. As entradas foram consideradas as áreas dos ambientes a serem revestidos, sem as perdas que geralmente admite-se quando são feitos os cálculos para a compra do material. No quadro 05 pode-se visualizar as entradas do processo e o custo dos resíduos gerados.

Quadro 05 – entradas e saídas do processo da Obra “B”

materiais e insumos	entradas		custo de compra		valor total	resíduos gerados		consumo efetivo	custo dos resíduos
	(m <sup>2</sup> )	(kg)	(R\$/m <sup>2</sup> )	(R\$/kg)		(m <sup>2</sup> )	(kg)		
cerâmica 40X40	102,4	2172,0	30,10	1,42	3083,11	6,61	140,2	109,05	198,95
cerâmica 45,5X45,5	23,68	493,0	25,10	1,21	594,29	2,55	53,0	26,23	63,93
embalagem papelão	-	-	-	-	-	-	11,00	-	-
argamassa colante em pó	-	499,0	-	0,89	442,86	-	25,1	524,1	22,28
água para argamassa	-	76,0	-	-	-	-	-	-	-
embalagem plástica argamassa	-	-	-	-	-	-	1,6	-	-
rejunte	-	57,9	-	2,06	119,04	-	3,0	60,9	6,17
água para rejunte	-	14,8	-	-	-	-	-	-	-
embalagem plástica rejunte	-	-	-	-	-	-	0,74	-	-

Para a cerâmica, foi verificado o consumo de materiais, que representou a entrada no processo (2665,0kg); os resíduos foram medidos diretamente, em massa; a soma entre a área a ser executada e a quantidade de resíduos foi o consumo efetivo (2858,2kg).

Para a argamassa colante, foi previsto um determinado gasto de materiais, que foi a entrada (499,0kg); o consumo efetivo foi o consumo estimado (499,0kg) para a execução do serviço mais os resíduos gerados (25,1kg), ou seja, 524,1kg.

Para o rejunte, também foi previsto um determinado gasto de materiais (57,9kg), sendo a entrada; o consumo efetivo, mais uma vez, foi o consumo estimado (57,9kg) para a execução do serviço mais os resíduos gerados (3,0kg), ou seja, 60,9kg.

Como na obra “A”, não verificou-se qualquer problema com o armazenamento dos insumos e materiais, encontravam-se todos armazenados em local apropriado, no almoxarifado da obra; todos identificados e separados por tipo. O acondicionamento dos mesmos, também estavam de acordo e não foi encontrado problemas nesse quesito.

Os equipamentos utilizados para a execução do serviço foram os mesmo da obra “A”: colher de pedreiro, desempenadeira, mangueira de nível, nível manual, sarrafo, policorte, maquina, trena, linha.

Tão logo os resíduos eram gerados, estes eram separados e dispostos próximos à balança da obra, para poderem ser transportados ao local onde esperariam seu descarte. O mesmo ocorria com as embalagens plásticas, de papelão e os restos de argamassa e rejunte. Esse fato contribuía bastante para a organização e limpeza da obra. Contudo, à espera da coleta, esses resíduos não eram separados por tipo, e todos eram encaminhados juntos quando do descarte.

#### *4.2.2.2. Balanço Ambiental, Econômico e Tecnológico*

Aqui, pretendeu-se às mesmas questões apresentadas na obra “A”:

- Em qual etapa do processo os resíduos de cerâmica são gerados?
- Os resíduos de argamassa colante em pó para cerâmica são gerados em qual etapa do processo?
- Qual é a etapa do processo que gera os resíduos de rejunte?

- Qual etapa do processo é responsável pelos resíduos derivados de embalagens?

No quadro 06 pode-se ver o Balanço Ambiental da Execução de Revestimento Cerâmico, possibilitando a identificação das etapas onde foram gerados os resíduos.

Quadro 06 – balanço ambiental do assentamento cerâmico da Obra “B”

PROCESSO PRODUTIVO					
ENTRADAS			ETAPAS	SAÍDAS	
matéria-prima	kg	água		resíduos sólidos	kg
cerâmica	2665,0		1. transporte e estocagem		
argamassa colante	499,0				
rejunte	57,9				
cerâmica	2665,0		2. transporte interno		
argamassa colante	499,0				
água		76,0			
argamassa colante	499,0	76,0	3. mistura da argamassa	embalagem plástica	1,6
argamassa misturada			4. aplicação da argamassa	restos de argamassa	25,1
placas cerâmicas	2665,0		5. assentamento das cerâmicas	cortes cerâmicas	193,2
				caixas papelão	11,00
rejunte	57,9		6. transporte interno		
rejunte	57,9	14,8	7. mistura do rejunte	embalagem plástica	0,74
rejunte misturado			8. aplicação do rejunte	resto de rejunte	3,0
			9. limpeza		

Novamente, observa-se aqui que a maioria dos resíduos cerâmicos foram gerados na etapa 5, e novamente observa-se algumas causas que também foram comuns a obra “A”:

- Aqui os responsáveis pela execução dos serviços era pessoal contratado (empreiteiro), e a velocidade de produção era muito importante. Esse fato ajudou em parte à geração de resíduos;

- Os “vícios” na execução também estavam presentes aqui, dificultando a adoção de um método de execução melhor ou mais otimizado;
- Apesar de existir um projeto de modulação para a maioria dos ambientes, a falta de uma maior adequação da área a ser revestida com as dimensões da cerâmica, dificultou a otimização do uso das placas cerâmicas, resultando em áreas de corte e arremates;
- havendo a possibilidade de unidades modificadas, a interferência direta do cliente criou acabamentos e configurações espaciais diferentes nas áreas padrões do projeto, sendo assim, o responsável pelo serviço tinha que se adaptar a uma nova situação, ocasionando a geração de mais cortes e arremates.

Os resíduos de argamassa colante em pó para cerâmica são gerados, na etapa 4. Porém, a etapa 3 também contribui para o seu desperdício. A etapa 8 é a responsável pelos resíduos de rejunte. Porém, na etapa 7 também pode-se ver sua geração. A geração de resíduos de argamassa e rejunte, ocorreu, na maioria das vezes, pela quantidade excessiva preparada para execução do serviço.

As caixas de papelão surgem da etapa 5, pois servem de acondicionamento da cerâmica. Os resíduos plásticos, são gerados nas etapas 3 e 7, respectivamente, onde temos o preparo da argamassa colante em pó e preparo do rejunte, pois estes são acondicionados nesse tipo de embalagem. Como os resíduos dos outros materiais, as embalagens de plástico e de papelão foram armazenadas em container aberto, misturadas com resíduos de outros materiais.

#### *4.2.2.3. Avaliação do Balanço elaborado e identificação das Oportunidades de Produção Mais Limpa.*

Através do Balanço ambiental do processo e de observações realizados no local, foi possível estabelecer algumas oportunidades de Produção Mais Limpa:

- **Redução ou eliminação dos resíduos de cerâmica:** novamente aqui nos deparamos com a falta de um detalhamento satisfatório do projeto arquitetônico,

fato esse que pode levar a dúvidas e suposições errôneas durante o projeto. Para evitar-se esse problema no que se refere aos revestimentos cerâmicos e possibilitar sua otimização, os projetistas devem pensá-los juntamente com o processo criativo de concepção do projeto; levando em conta as dimensões do ambiente e de seus revestimentos, pode-se eliminar ou minimizar ao máximo a possibilidade de cortes nas cerâmicas, contribuindo assim para facilitar o assentamento e conseqüentemente um aumento da produção.

Nessa obra verificou-se a existência de um projeto de paginação, porém essa paginação deveria ter sido feita pensando, além da estética, também na otimização da disposição dos revestimentos no ambiente; pois uma paginação mal feita também pode vir a contribuir para uma maior perda de materiais.

Verifica-se nesta obra que os responsáveis pelo processo não faziam parte do quadro de empregados da empresa. Dessa forma escolher cuidadosamente as equipes de assentamento é algo muito importante para evitar maiores transtornos. A falta de compromisso destes com a empresa, e a motivação para que trabalhem de forma a produzirem em maior velocidade são fatores que podem contribuir para o desperdício de materiais; sendo assim, deve-se ter um planejamento para também conscientizar esses profissionais quanto a questão dos resíduos e treiná-los caso necessário.

- **Reutilização dos resíduos de cerâmica:** pode-se reaproveitar os cortes de cerâmicas para a confecção de “mestras” na execução de contra-pisos e também na execução de reboco.

Outra sugestão é incorporação dos resíduos de cerâmica no projeto arquitetônico em forma de mosaicos em paredes, pisos e bancadas. O projetista deve pensar nessa possibilidade ainda na fase de projeto e sugerir nas especificações e memoriais descritivos. A parceria com terceiros para o recolhimento desses materiais, com a finalidade de reaproveitamento também ajudaria a reduzir o descarte desse material no meio ambiente.

- **Minimização dos resíduos de argamassa colante em pó e rejunte:** deve-se realizar as misturas de forma racional, ou seja, em pequenas proporções; dessa forma o desperdício que ocorre pelas perdas das características do material (tempo em aberto) será evitado.
- **Reciclagem externa das embalagens de papelão e plástico:** deve-se realizar a separação desses materiais de forma adequada (armazenamento temporário e acondicionamento), para possibilitar a reciclagem externa dos mesmos (coleta seletiva).

#### *4.2.2.4. Priorização das oportunidades identificadas na avaliação*

A priorização das oportunidades são as mesmas da obra “A”:

1º - ainda durante a fase de projeto, pensar na compatibilização revestimentos e as áreas a serem revestidas, ou seja, as áreas do projeto e as dimensões das placas cerâmicas devem ser compatíveis;

2º - fazer o projeto de paginação do ambiente de forma adequada, possibilitando a escolha da configuração final do ambiente revestido de modo a possibilitar o efeito estético pretendido com as menores perdas possíveis de cerâmicas;

3º - sensibilizar e treinar os funcionários que irão executar o revestimento cerâmico, melhorando assim a qualidade do serviço. Eles estarão mais sensíveis as questões ambientais e a importância de se evitar desperdícios (cerâmicos, de argamassa, de rejunte);

4º - reutilizar os recortes cerâmicos como “mestras” e para a confecção de mosaicos;

5º - separar, acondicionar e armazenar de forma apropriada as embalagens plásticas e de papelão, possibilitando sua reciclagem externa.

A ordem inicial é minimizar os resíduos de cerâmica, cerâmica e rejunte; não sendo possível eliminar todo o resíduo, parte-se para o reaproveitamento interno; se ainda assim tivermos resíduos, deve-se encaminhar os mesmos para a reciclagem e reaproveitamento externos.

#### 4.2.2.5. Definição dos indicadores do processo

Os indicadores gerados podem ser visualizados no quadro 07, e são eles: geração de resíduos de cerâmica, eficiência na utilização da cerâmica, consumo de argamassa, eficiência no consumo de argamassa, geração de resíduos de argamassa consumo de rejunte, geração de resíduos de rejunte, eficiência na utilização do rejunte, custo do desperdício da cerâmica.

Quadro 07 – Indicadores Ambientais do processo de assentamento cerâmico na obra “B”

INDICADORES				
NOME	DESCRIÇÃO	VALOR	Valores (ARAUJO, 2002)	UNIDADE
geração de resíduos de cerâmica	resíduo cerâmico/área de revestimento cerâmico	1,5	2,81	kg/m <sup>2</sup>
		0,07	0,16	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
eficiência na utilização da cerâmica	resíduo cerâmico/consumo efetivo cerâmico	93,23	86,24	%
consumo de argamassa	consumo efetivo de argamassa/área de revestimento cerâmico	4,2	3,42	kg/m <sup>2</sup>
eficiência na utilização da argamassa	resíduo de argamassa/consumo efetivo de argamassa	95,21	93,12	%
geração de resíduos de argamassa	resíduo de argamassa/área de revestimento cerâmico	0,20	0,23	kg/m <sup>2</sup>
consumo de rejunte	consumo efetivo de rejunte/área de revestimento cerâmico	0,48	0,43	kg/m <sup>2</sup>
geração de resíduos de rejunte	resíduo de rejunte/área de revestimento cerâmico	0,02	0,08	kg/m <sup>2</sup>
eficiência na utilização do rejunte	resíduo de rejunte/consumo efetivo de rejunte	95,07	81,92	%
custo de desperdício de cerâmica 40x40	(resíduo cerâmico gerado x custo da cerâmica)/área de revestimento cerâmico	1,94	3,06	R\$/m <sup>2</sup>
custo de desperdício de cerâmica 45,5x45,5	(resíduo cerâmico gerado x custo da cerâmica)/área de revestimento cerâmico	2,70	Não se aplica	R\$/m <sup>2</sup>
custo médio de desperdício cerâmico	média dos desperdícios específicos	3,10	Não se aplica	R\$/m <sup>2</sup>

Os indicadores apresentados basearam-se nos mesmos indicadores que Araújo (2002) gerou em seu trabalho sobre produção mais limpa. Sendo que dentre esses alguns podem ser mais interessantes para as empresas: geração de resíduos de cerâmica, custo de desperdício de cerâmica e consumo de argamassa.

Os dados utilizados para fornecer os indicadores foram os seguintes:

- área de revestimento cerâmico = 126,12m<sup>2</sup>
- custo do m<sup>2</sup> das cerâmicas utilizadas = ver nas tabelas
- Consumo efetivo de cerâmica = 135,28m<sup>2</sup> ou 2665,0kg
- Resíduos de cerâmica = 9,16m<sup>2</sup> ou 193,2kg
- Consumo efetivo de argamassa colante em pó para cerâmica = 524,1kg
- Resíduos de argamassa = 25,1kg
- Consumo efetivo de rejunte = 60,9kg
- Resíduos de rejunte = 3,0kg

#### **4.3. VIABILIDADE ECONÔMICA DAS OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS NAS OBRAS.**

Não foi possível o estudo de viabilidade econômica nas obras estudadas. Contudo a implementação do programa de Produção mais Limpa não implicaria em gastos adicionais às empresas. Os materiais, caso fossem separados e acondicionados corretamente, poderiam ser vendidos a empresas especializadas na reciclagem dos mesmos. A elaboração de mosaicos pode implicar em algum gasto para as empresas, caso forem pensados depois; porém haveria o benefício ambiental com o aproveitamento dos resíduos de cerâmicas.

#### **4.4. PLANO DE MONITORAMENTO**

Para ambas as obras, pode-se estabelecer um plano de monitoramento referente as etapas do processo.

- Monitoramento do uso da argamassa

Onde realizar: na mistura da argamassa (etapa 3), na aplicação (etapa 4) e no assentamento das cerâmicas (etapa 5).

Quando realizar: sempre que houver este serviço.

Quem deve realizar: responsável pela execução do serviço.

Como realizar: verificar o consumo efetivo de argamassa por m<sup>2</sup> de área executada.

Por que realizar: verificar a eficiência na utilização do insumo.

- Monitoramento do uso da cerâmica

Onde realizar: Assentamento da cerâmica (etapa 5).

Quando realizar: sempre que houver este serviço.

Quem deve realizar: responsável pela execução do serviço.

Como realizar: verificar o consumo efetivo de cerâmica por m<sup>2</sup> de área executada.

Por que realizar: verificar a eficiência na utilização da cerâmica.

- Monitoramento do uso do rejunte

Onde realizar: mistura do rejunte (etapa 7) e aplicação do rejunte (etapa 8)

Quando realizar: sempre que houver este serviço.

Quem deve realizar: responsável pela execução do serviço.

Como realizar: verificar o consumo efetivo de rejunte por m<sup>2</sup> de área executada.

Por que realizar: verificar a eficiência na utilização do insumo.

#### **4.5. ANÁLISE GERAL DAS OBRAS**

De maneira geral as duas obras se mostraram semelhantes em vários aspectos; desde o nível do empreendimento até a disposição final dos resíduos.

Tanto a obra “A” quanto a obra “B” encontravam-se com o cronograma atrasado, o que aumentava a pressão sobre todos os envolvidos com o processo de assentamento. Essa variável psicológica e emocional muitas vezes pode contribuir para a má execução do serviço, pois a carga de cobrança é alta e esperam-se resultados rápidos. Esse fato contribui para serviços mal feitos, retrabalhos, perda de materiais e insatisfação dos funcionários.

Os processos de assentamento em ambas as obras também se mostraram bem semelhantes. A única diferença foi a mão-de-obra utilizada; na obra “A”, o processo era executado por funcionários da própria empresa, na obra “B” optou-se pela terceirização do serviço. Contudo, os indicadores não mostraram uma variação muito grande. Porém esse fato pode ter sido ocasionado pela própria dimensão das amostras em cada caso, os locais de assentamento e as outras tecnologias construtivas empregadas nessas construções.

Na obra “A”, foram analisados, em dois apartamentos, os revestimentos em paredes e piso de cozinha, quarto de serviço, sanitário de serviço e o living de um deles. Na obra como um todo, a maioria das paredes internas dos apartamentos eram de drywall, o que dificultou, no início, o assentamento por parte dos pedreiros, que não estavam acostumados a execução do serviço sobre tal material; além do fato de algumas vezes terem sido encontrados irregularidades e defeitos na instalação do drywall, o que dificultou ainda mais o assentamento e não possibilitou resultados satisfatórios, ocasionando retrabalhos e perda de materiais. O problema com as instalações hidráulicas das bancadas que se encontravam instaladas nos drywalls também ajudou nas perdas de placas cerâmicas em toda a obra; durante a instalação das bancadas, furos em tubulações foram constantes devido ao projeto hidráulico não levar em conta a forma como as bancadas seriam instaladas. Por conta disso, havia a necessidade de verificar e corrigir o problema, retirando peças cerâmicas já assentadas, o que ocasionou retrabalhos e perdas de materiais. Os cortes de peças para as instalações de esgoto e hidráulicas também podem ser apontados como outro problema na geração de resíduos cerâmicos; ralos, tubulação dos vasos sanitários, tubulação das banheiras, registro dos chuveiros etc., visivelmente não foram levados em conta na especificação dos revestimentos, ocasionando cortes de difícil execução e perdas de materiais. Da mesma forma, a instalação das “caixinhas” para interruptores e tomadas poderia ter sido pensada levando em conta a paginação da paredes ou a paginação poderia ter se baseado no projeto das mesmas, ou ambas poderiam ter sido projetadas ao mesmo tempo, melhorando bastante a questão da geração dos resíduos gerados por cortes desnecessários.

Na obra “B”, foram analisados os assentamentos somente em pisos, em quatro livings e dois halls de elevadores. Por esse motivo os problemas com instalações elétricas e hidráulicas não foram observados. Contudo, verificou-se a existência de projetos de modulação de revestimento tanto para as áreas de piso e das paredes, inclusive com o posicionamento das caixinhas dos interruptores e tomadas. A causa principal da geração dos resíduos ficou por conta da configuração espacial do ambiente e as habilidades técnicas da mão-de-obra.

Ponto interessante a salientar foram as distâncias percorridas do local de armazenamento dos revestimentos cerâmicos até o local da execução dos serviços; na obra “A” as distâncias foram bem maiores que na obra “B”, o que poderia ocasionar perdas durante a etapa de transporte, e foi o que se observou certa vez durante a avaliação desse deslocamento na obra “A”.

Seguindo com a análise das obras, no quadro 08 pode-se ver as perdas individuais para cada tipo de cerâmica nas respectivas obras. Já no quadro 09, tem-se uma idéia das perdas gerais nos processos avaliados.

Quadro 08 – perdas individuais nos processos das obras “A” e “B”

	resíduos de cerâmica		resíduos de argamassa		resíduos de rejunte	
	OBRA “A”	OBRA “B”	OBRA “A”	OBRA “B”	OBRA “A”	OBRA “B”
cerâmica 60x60	10,545%		5,714%		5,294%	
cerâmica 41x41	12,438%		7,004%		4,688%	
cerâmica 25x41	10,750%		5,411%		5,370%	
cerâmica 20x20	5,744%		6,000%		5,741%	
cerâmica 40X40		6,453%		6,455%		4,894%
cerâmica 45,5X45,5		10,757%		10,751%		6,422%

Quadro 09 – perdas gerais nos processos das obras “A” e “B”

PORCENTAGEM DE PERDAS					
resíduos de cerâmica		resíduos de argamassa		resíduos de rejunte	
OBRA “A”	OBRA “B”	OBRA “A”	OBRA “B”	OBRA “A”	OBRA “B”
10,109%	7,250%	5,812%	5,030%	5,332%	5,181%

A avaliação econômica pode ser visualizada no quadro 10, onde tem-se o resíduo gerado no processo e o respectivo custo. No quadro 11 pode-se visualizar uma estimativa de perdas econômicas caso os resíduos gerados seguissem o padrão de perdas das áreas que foram avaliadas na pesquisa.

Quadro 10 – balanço econômico nos processos das obras “A” e “B”

resíduos gerados	quantificação resíduos		valores	
	obra "A"	obra "B"	obra "A"	obra "B"
	(kg)	(kg)	(R\$)	(R\$)
cerâmica 60x60	81,10		213,42	
cerâmica 41x41	71,30		37,98	
cerâmica 25x41	197,00		117,87	
cerâmica 20x20	38,45		49,24	
cerâmica 40X40		140,20		198,95
cerâmica 45,5X45,5		53,00		63,93
argamassa colante em pó	54,7	25,1	48,55	22,28
rejunte	5,95	3,00	12,23	6,17

Quadro 11 – balanço econômico estimado nos processos das obras “A” e “B”

ESTIMATIVA DE PERDAS NAS OBRAS				
resíduos gerados	quantificação resíduos		valores	
	obra "A"	obra "B"	obra "A"	obra "B"
	(kg)	(kg)	(R\$)	(R\$)
cerâmica 60x60	4946,60		13017,37	
cerâmica 41x41	2086,46		1111,30	
cerâmica 25x41	6367,04		3809,48	
cerâmica 20x20	1200,75		1537,69	
cerâmica 40X40		840,92		1193,28
cerâmica 45,5X45,5		318,20		383,81
argamassa colante em pó	1865,96	432,911	1656,04	384,21
rejunte	197,02	36,00	405,08	74,02
<b>TOTAL</b>			<b>21536,96</b>	<b>2035,31</b>

#### 4.6. BARREIRAS À METODOLOGIA DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA

A introdução da metodologia de Produção mais Limpa na indústria da construção civil permite que haja uma redução do consumo de materiais na obra. Para tanto, deve-se haver mudanças nos processos e nos produtos. Porém, tal fato só será alcançado com a sensibilização da gerência e a conscientização dos funcionários quanto as questões ambientais e os benefícios da implementação da

Produção mais Limpa para a empresa. As principais barreiras encontradas nas obras avaliadas foram as seguintes:

- Dificuldade em se conseguir o comprometimento da gerencia. Devido ao atraso no cronograma das duas obras avaliadas, foi conseguida apenas a permissão para avaliar os processos e realizar as medições. Por comprometimento, deve-se entender motivação, participação, providenciar meios, escolher as pessoas certas para auxiliar na coleta de dados;
- Em ambas as obras não se conseguiu alguém para ficar responsável pelas medições, conseqüentemente, apesar da tentativa de monitoramento constante, pode ter havido algum “mascaramento” dos desperdícios de materiais e insumos;
- Os funcionários de ambas as empresas receberam esclarecimento do trabalho que estava sendo realizado e de como proceder, porém pareciam estar intimidados com a pesquisa, entendendo que seria uma forma de avaliar o desempenho deles;
- Apesar dos esclarecimentos feitos a gerencia e aos funcionários quanto ao andamento da pesquisa e como eles poderiam ajudar para que tudo transcorresse de forma a possibilitar dados confiáveis, percebeu-se a falta de verdadeiro interesse em se “perder” tempo com algo que não ajudaria no andamento da obra, uma vez que ambas as obras estavam com o cronograma atrasado;
- Muitas vezes os resíduos não foram separados de forma adequada ou foram misturados com resíduos de outros materiais, dificultando a medição do ambiente escolhido;
- Na obra “A” o partido arquitetônico adotado e o programa de necessidades do empreendimento ocasionaram, por si só perdas de materiais;
- A falta de um projeto detalhado, na obra “A”, de modulação dos revestimentos, onde fossem considerados também os projetos de instalações elétricas e hidro-sanitárias;
- De modo geral, os produtos do setor de construção civil são exclusivos, muitos com características próprias; sendo assim, a implementação de

oportunidades de Produção mais Limpa levantadas em um empreendimento podem não ser aplicáveis em outro empreendimento distinto;

- A metodologia de Produção mais Limpa ainda falta ganhar mais visibilidade, ser mais difundida, por esse motivo as empresas têm pouco conhecimento das possibilidades de melhorias nos processos e seus conseqüentes resultados: ganhos financeiros, ambientais e sociais.
- Ainda não se observa uma efetiva preocupação ambiental por parte das construtoras e fornecedores; quando muito, eles estão interessados em cumprir o necessário para estarem de acordo com a legislação e escaparem de multas e afins;
- Resistência a mudanças por muitos dos envolvidos com o ramo da construção e a baixa qualificação da mão-de-obra empregada.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o processo de revestimento com placas cerâmicas seguindo os princípios da metodologia de Produção Mais Limpa. Como a metodologia tem um caráter basicamente preventivo, ela pode ajudar a reduzir os resíduos gerados nessa etapa da construção; como consequência, com a racionalização desse processo, haveria a redução do impacto ambiental e dos custos.

Com relação aos objetivos específicos, buscou-se identificar os princípios da Produção mais Limpa que poderiam ser aplicados à execução do revestimento com placas cerâmicas, avaliar as perdas seguindo a metodologia da Produção mais Limpa, identificar as barreiras à essa metodologia e, por fim, sugerir melhorias para a redução ou eliminação das perdas e barreiras identificadas.

Verificou-se que, para o processo de assentamento de placas cerâmicas, os princípios da Produção mais Limpa podem ser aplicados desde que os responsáveis se comprometam e a metodologia seja aplicada corretamente. A Produção mais Limpa é uma abordagem preventiva, que tem como princípios:

- Aumentar a produtividade, garantindo uma utilização mais eficiente das matérias-primas, energia e água;
- Promover o melhor desempenho ambiental através da redução na fonte dos resíduos e emissões;
- Reduzir o impacto ambiental dos produtos durante todo o seu ciclo de vida através da concepção ambientalmente integrada com o custo-eficiência dos produtos.

O aumento da produtividade se dará quando a mão-de-obra passar a ter uma melhor qualificação e forem treinados de maneira satisfatória para a realização dos

serviços. A redução na fonte será resolvida quando houver uma melhoria nos processos e do próprio produto; no caso dos revestimentos cerâmicos os processos ainda se mostram muito artesanais, e a melhoria do produto final só se dará quando todos os projetos realmente se mostrarem integrados, mostrando que foram pensados juntos desde suas concepções. Pode-se também pensar em melhoria do produto com relação aos materiais utilizados na confecção dos mesmos, como matérias primas, insumos etc.; sendo esses mais duráveis e fabricados de forma menos agressiva ao meio ambiente

Como consequência da melhoria no processo, por si só, já teríamos uma redução dos resíduos na fonte, o que também já reduziria o impacto ambiental e traria algum benefício econômico. Outra medida para reduzir o impacto ambiental seria a reutilização das cerâmicas, a segregação correta dos outros resíduos (papelão e embalagens plásticas) para posterior reciclagem, o que poderia a ser também um ganho econômico se os mesmos forem vendidos.

A análise das perdas, mostradas no capítulo 4, é uma ferramenta muito importante na metodologia da Produção mais Limpa; é a partir dessa avaliação que surge os balanços ambientais, econômicos e tecnológicos dos processos.

As barreiras à Produção mais Limpa identificadas nessa pesquisa demonstraram claramente o pouco conhecimento com relação ao tema por parte da gerencia e funcionários. Ficou claro que para a implementação de um programa de Produção mais Limpa em uma obra, este deve ser iniciado no começo da mesma, isto porque, convencer a gerência dos benefícios do programa numa etapa em que a obra se encontre atrasada e sem recursos torna-se difícil.

Percebeu-se no decorrer desta pesquisa que a tentativa de alteração dos métodos para a execução dos revestimentos pode se confrontar com os “vícios de execução” de alguns profissionais, ou seja, o método de trabalho do profissional, fato este que pode dificultar a implantação de um método mais adequado para cada caso. Os funcionários muitas vezes sentiram-se acanhados e desconfiados em relação as medições, desse modo pode ter havido alguma alteração dos dados.

Como dito anteriormente na justificativa desse trabalho, o custo e propriedades das placas cerâmicas já aponta para elas como sendo o principal componente do processo de assentamento. Por esse motivo torna-se importante descobrir onde e quando ocorrem as perdas, levantar e analisar os motivos causadores das mesmas e finalmente tentar criar soluções que minimizem a geração dos resíduos. Um projeto bem-feito e alguns cuidados podem reduzir muito as perdas desse material:

- Ter um projeto de modulação dos revestimentos; definir a dimensão das peças e disposição das fiadas, tentando conseguir o menor número de cortes possíveis nas peças.
- Quando os ambientes forem pequenos e recortados, placas grandes devem ser evitadas, pois irão gerar cortes desnecessários e, conseqüentemente, mais perdas.
- A compatibilização dos vários projetos do ambiente a ser revestido é fundamental; os projetos elétricos podem ser adaptados para diminuir os cortes das peças de placas cerâmicas e um estudo maior pode ser realizado em áreas como sanitários, compatibilizando as peças cerâmicas com o projeto de instalações hidro-sanitárias.
- Deve-se ter cuidado também com o manuseio das caixas, seja no descarregamento, transporte, estocagem ou transporte interno.
- Usar ferramentas (elétricas e manuais) adequadas para cortar as placas.
- Aproveitar as tiras geradas nos cortes das cerâmicas. É possível criar mosaicos ou utilizar as peças como mestras em pisos e paredes.
- Em vez de todos cortarem peças, estabelecer uma central de corte.
- Evitar assentamentos em diagonal, geralmente estes produzem mais perdas.
- Acompanhar e controlar o consumo previsto dos materiais.
- Profissionais, mesmos que experientes, devem ter treinamento constante.

De um modo geral, para que a eliminação das barreiras encontradas realmente aconteça, o mais importante é conseguir o comprometimento da gerencia e a conscientização da mesma para com as questões ambientais. O comprometimento

da gerencia permitiria meios para a implementação da metodologia e serviria de exemplo para os outros funcionários.

Nesse estudo da execução de revestimento cerâmico, possibilitou perceber que a execução do serviço é feita seguindo as especificações do projeto, isso quando existe especificações. Por esse motivo, pode-se afirmar que a elaboração de projetos detalhados é fator determinante para que se consiga prevenir a geração de resíduos no setor de construção civil. De modo geral um projeto bem detalhado permitirá:

- evitar retrabalhos por facilitar a interpretação pelo responsável do serviço;
- realizar compras de materiais de forma otimizada, ou seja, compras mais ajustadas às reais necessidades de consumo na obra;
- reduzir desperdícios;
- reduzir custos de produção.

## **5.2. LIMITAÇÕES DO ESTUDO**

Levando-se em consideração as limitações desse trabalho, deve-se ter em mente que os resultados aqui apresentados não devem ser generalizados para outras empresas no ramo da construção civil atuantes no estado da Bahia, nem se estender a outras existentes no país. Isso pelo simples motivo da pesquisa ter se restringido a apenas duas obras na cidade de Salvador.

Apesar de a implantação das oportunidades de Produção mais Limpa não ter sido um dos objetivos dessa pesquisa, teria sido interessante visualizar os resultados e posteriormente analisá-los. Contudo, o fator tempo não permitiria que ocorresse de forma satisfatória.

A falta de um real apoio das gerências das obras dificultou um pouco os trabalhos nas medições e demonstrou a dificuldade que se pode ter em conseguir o

apoio das mesmas, uma vez que a mentalidade ambiental não está realmente inserida no cotidiano das mesmas.

### **5.3.RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Esta pesquisa, como tantas outras relacionadas ao tema Produção mais Limpa, não esgota o assunto; existem muitas outras oportunidades para a Produção mais Limpa dentro dos processos que constituem o universo da construção civil. Visto isso, pode-se perceber que os processos a serem analisados em uma obra são inúmeros e estes deveriam também ser objetos de pesquisas.

Em trabalhos futuros, a pesquisa deve ser aplicada a um número maior de obras, possibilitando assim dados mais confiáveis.

Os estudos dos fluxos dentro dos processos também podem ajudar a entender os desperdícios, sendo assim estes seriam melhor estudados e analisados, enriquecendo ainda mais futuras pesquisas.

A implementação de oportunidades de Produção mais Limpa ajudam a visualizar o antes e o depois, contribuindo para convencer a gerência da eficácia da Produção mais Limpa; sendo assim, seria interessante, sempre que possível, aplicar a metodologia até o final.

## REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, Vahan et. al. *Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras*. PCCUSP. FINEP. ITQC. São Paulo, 1998, vol.5. disponível em: <<http://perdas.pcc.usp.br/Volume5/index.htm>> Acesso em: 21 nov. 2009.
- ARAUJO, Alexandre Feller de. *A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA: ESTUDO EM UMA EMPRESA DE CONSTRUÇÃO CIVIL*. UFSC, Dissertação de Mestrado, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/Produ%C3%A7%C3%A3o%20mais%20limpa%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil.pdf>>. Acesso em: 2 fev. 2009.
- BARDELLA, Paulo Sérgio; CAMARINI, Gladis. *Desenvolvimento sustentável na construção civil*. UNICAMP. 200-. Disponível em: <<http://www.cori.unicamp.br/CT2006/trabalhos/DESENVOLVIMENTO%20SUSTENTAVEL%20NA%20CONSTRUCAO%20CIVIL.doc>>. Acesso em: 22 abr. 2009.
- CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. *Guia de Sustentabilidade na Construção*. Belo Horizonte: FIEMG, 2008. 60p. Disponível: <[http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/comunicacao/guia\\_sustentabilidade.pdf](http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/comunicacao/guia_sustentabilidade.pdf)> Acesso em: 17 mai. 2009.
- CNTL (Centro Nacional de Tecnologias Limpas). *Produção mais limpa em edificações*. SENAI - Departamento Regional do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<http://www.senairs.org.br/cntl/>> Acesso em: 5 mar. 2009.
- CNTL. SENAI.RS. *Implementação de Programas de Produção mais Limpa*. Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/ UNIDO/INEP, 2003. 42 p. il. Disponível em: <<http://www.senairs.org.br/cntl/>> Acesso em: 20 jul. 2009.
- COELHO, Arlinda. *Metodologias de Gestão Ambiental com Enfoque em Prevenção da Poluição e Minimização de Resíduos*. In: SENAI. CETIND. *Prevenção da Poluição*. Cap.4. 2003. Disponível em: <[http://200.223.40.100/bolsa/bolsa.nsf/\(anexos\\_chave\)/C955BE915F819B7A0325717700595274~flagArq/\\$File/TGA-PP%20cap4.pdf](http://200.223.40.100/bolsa/bolsa.nsf/(anexos_chave)/C955BE915F819B7A0325717700595274~flagArq/$File/TGA-PP%20cap4.pdf)> Acesso em: 20 abr. 2009.
- COELHO, Luiza S. *3R's, 4R's, 5R's*. Artigo eletrônico, 12 de agosto de 2008. Disponível em: <<http://www.licenciamentoambiental.eng.br/3-rs-4-rs-e-5-rs/>> acesso em: 5 out. 2009.

CORRÊA, Lásaro Roberto. *Sustentabilidade na construção civil*. Monografia. Escola de Engenharia, UFMG. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/Sustentabilidade%20na%20Constru%E7%E3o%20CivilL.pdf>> Acesso em: 15 abr. 2009.

DA SILVA, Jaqueline Maria. *Sustentabilidade em uma estrutura de Sistemas Integrados*. Cap.3, p.20-28. Petrópolis, Dissertação - Laboratório Nacional de Computação Científica, LNCC, 2005. Disponível em: <<http://arquivospos.Incc.br/pdfs/DissertacaoJaquelineSilva.pdf>> Acesso em: 17 mai. 2009.

ECO-UNIFESP. *Princípio dos 3R's*. Artigo da internet. Disponível em: <<http://dgi.unifesp.br/ecounifesp/index.php?f=3r>> Acesso em: 5 out. 2009

FILETO, Adriana. *Cuide do Seu Bolso e do Planeta Já !* Cartilha Didática. Editora Rede Três – Educação e Consultoria para a Sustentabilidade. Belo Horizonte: 2009, 2ª edição, 26 páginas. Disponível em: <<http://www.valorsocial.com.br/arquivos/cartilha.pdf>> Acesso em: 20 abr. 2009.

GASI, Tânia Mara Tavares; FERREIRA, Edson. *Produção mais limpa*. In: JÚNIOR, Alcir Vilela; DEMAJOROVIC, Jacques. Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações (Org.). Editora Senac. São Paulo, 2006, p.41-84.

GEROLLA, Giovanny. *Piso cerâmico*. Revista Equipe de Obra. Ed. 23, maio de 2009. Disponível em: <<http://www.equipedebra.com.br/construcao-reforma/23/artigo139198-1.asp>> Acesso em: 21 nov. 2009.

INSTITUTO AKATU. *1/3 de tudo o que você compra vai direto para o lixo*. Apresentação interativa. Disponível em: <<http://www.akatu.org.br/sites/desperdicio/>> Acesso em: 5 mar. 2009.

LIMA, JOSE Antonio Ribeiro de. *Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos*. Dissertação de mestrado. São Carlos, 1999. Disponível: <[http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/disserta%C3%A7%C3%A3o\\_lima.pdf](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/disserta%C3%A7%C3%A3o_lima.pdf)> Acesso em: 2 ago. 2009.

MATTOSINHO, C.; PIONÓRIO, P. *Aplicação da Produção Mais Limpa na Construção Civil: Uma Proposta de Minimização de Resíduos na Fonte*. 2º International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/6a/6/C.%20Mattosinho%20-%20Resumo%20Exp.pdf>> Acesso em: 4 jun. 2009.

POZZOBON, Cristina Eliza. RUPPENTHAL, Janis Elisa. *Algumas implicações entre construção civil e meio ambiente*. Artigo. 1999. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999\\_A0616.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999_A0616.PDF)> Acesso em:4 jun. 2009.

ROTH, Caroline das Graças. *Resíduos Sólidos da Construção de Edificações: a solução pela gestão urbana*. Dissertação de Mestrado, PUCPR. Curitiba, 2008. Disponível: <[http://www.biblioteca.pucpr.br/tede//tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=1187](http://www.biblioteca.pucpr.br/tede//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1187)> acesso em:15 abr. 2009.

SENAI. RS. Cinco fases da implantação de técnicas de produção mais limpa. Porto Alegre, UNIDO, UNEP, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, 2003. 103p. il. (Série Manuais de Produção mais Limpa). Disponível em: <<http://www.senairs.org.br/cntl/>> acesso em: 3 fev. 2009.

SILVA, Edna Lúcia da. MENEZES, Estera Muszkat. *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 3. ed. rev. atual. – Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.121p. disponível em: <<http://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia%20da%20Pesquisa%203a%20edicao.pdf>> acesso em:3 mar. 2009.

UNEP SBCI. *About SBCI: Background*. Página da internet. Última atualização 03/12/2007. Disponível em: < <<http://www.unepsbci.org/aboutSBCI/Background/>> acesoo em: 4 abr. 2009.

UNEP DTIE. *Understanding Cleaner Production: Key Elements*. Página da internet. Disponível em:<<http://www.unep.fr/scp/cp/understanding/>> acesso em:3 mar. 2009.

UNIDO. *The Cleaner Production Concept: What is Cleaner Production?*. Página da internet.[200-] Disponível em:< <http://www.unido.org/index.php?id=o5151>> acesso em: 3 mar. 2009.

## **APÊNDICE A - FLUXOS DO PROCESSO**

### 1 - CHEGADA E RECEBIMENTO DE MATERIAL



Figura 1A- chegada de material na obra.



Figura 2 A- transporte das cerâmicas até o almoxarifado.



Figura 3 A- descarregamento das cerâmicas no almoxarifado.

### 1 - CHEGADA E RECEBIMENTO DE MATERIAL



Figura 4 A- amostra do armazenamento das cerâmicas.



Figura 5 A- cerâmicas identificadas e separadas por tipo.



Figura 6 A- cerâmicas identificadas e separadas por tipo.

## 2 – TRANSPORTE INTERNO



Figura 7 A- preparação das cerâmicas para transporte interno até o local de assentamento. Transporte horizontal.



Figura 8 A- cerâmicas em frente ao elevador para serem levadas até local de assentamento. Transporte vertical.



Figura 9 A- cerâmicas em frente ao elevador para serem levadas até local de assentamento. Transporte vertical.

## 2 – TRANSPORTE INTERNO



Figura 10 A- sacos de argamassa sendo transportados até o elevador.



Figura 11 A- sacos de argamassa sendo colocados no elevador para serem transportados até local de assentamento.



Figura 12 A- peças cerâmicas que foram quebradas durante transporte até o local de assentamento.

## 2 – TRANSPORTE INTERNO



Figura 13 A- armazenagem temporária em frente ao elevador no pavimento onde ocorrerá o serviço.



Figura 14 A- armazenagem de argamassa no local correspondente ao assentamento.



Figura 15 A- armazenagem das cerâmicas no local correspondente ao assentamento.



### 3 – ASSENTAMENTO DAS CERÂMICAS

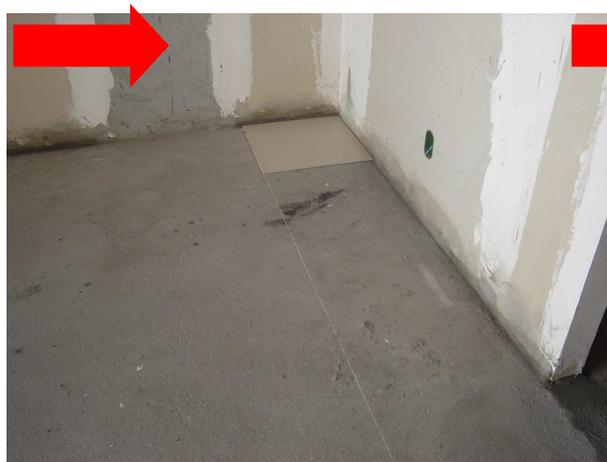


Figura 16 A- exemplo de início do serviço de assentamento, onde se define a modulação das cerâmicas.



Figura 17 A- exemplo de argamassa sendo preparada no local do assentamento.



Figura 18 A- assentamento da cerâmica em living; mostrando a aplicação da argamassa.

### 3 – ASSENTAMENTO DAS CERÂMICAS



Figura 19 A- assentamento da cerâmica em banheiro; mostrando a aplicação da argamassa.



Figura 20 A- assentamento da cerâmica em varanda; mostrando o assentamento da peça.



Figura 21 A- assentamento da cerâmica em cozinha; mostrando o assentamento da peça.

### 3 – ASSENTAMENTO DAS CERÂMICAS



Figura 22 A- assentamento da cerâmica em banheiro; mostrando o assentamento da peça.



Figura 23 A- corte sendo realizado em placa cerâmica, no meio da peça.

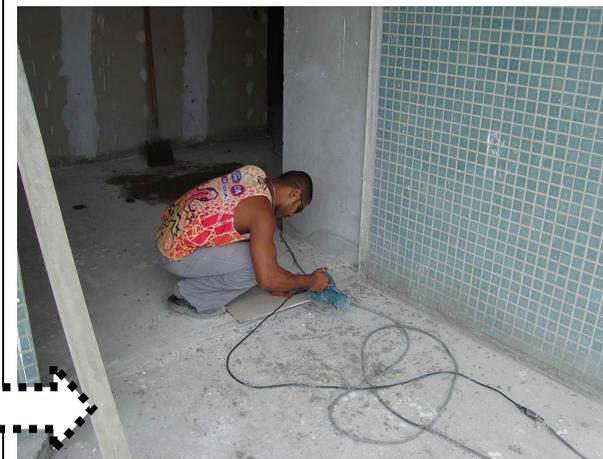


Figura 24 A- corte sendo realizado em placa cerâmica.

### 3 – ASSENTAMENTO DAS CERÂMICAS



Figura 25 A- maquita e resíduos de cortes; apenas um funcionário está usando o equipamento.



Figura 26 A- policorte e resíduos de cortes; apenas um funcionário está usando o equipamento.



Figura 27 A- bancada servindo de central de corte para todos funcionários que estão no pavimento e resíduos de cortes.



#### 4 – REJUNTAMENTO



Figura 28 A- limpeza de cerâmicas já assentadas; está sendo retirado o excesso de massa nas juntas e eventuais sujeiras nas cerâmicas.



Figura 29 A- preparação do rejuntamento em quantidade suficiente para o serviço.



Figura 30 A- aplicação do rejunte em banheiro.

### 5 – DISPOSIÇÃO FINAL E DESCARTE



Figura 31 A- ambiente interno a apartamento sendo usado para "depósito" de resíduos para posterior recolhimento. Não há uma separação de materiais.



Figura 32 A- ambiente interno a apartamento sendo usado para "depósito" de resíduos. Aqui os resíduos encontram-se separados e arrumados.



Figura 33 A- ambiente interno a apartamento sendo usado para "depósito" de resíduos esperando para serem recolhidos.

### 5 – DISPOSIÇÃO FINAL E DESCARTE

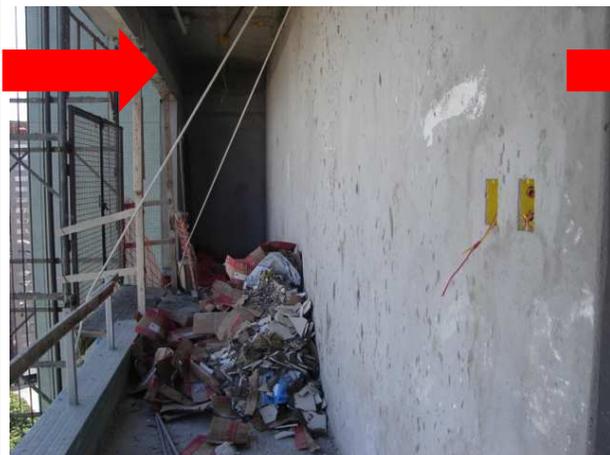


Figura 34 A- resíduos de todo o pavimento dispostos em frente à balança para serem transportados.



Figura 35 A- resíduos após serem transportados na balança. Não há uma separação por tipo.



Figura 36 A- resíduos sendo levados para descarte. Antes do transporte o resíduo permaneceu exposto.

### 5 – DISPOSIÇÃO FINAL E DESCARTE



Figura 37 A- apesar de misturados, os resíduos encontra-se armazenado em compartimento que facilitará seu transporte.



Figura 38 A- resíduos em compartimento e outros aguardando serem colocados em compartimento para descarte.



Figura 40 A- não houve evidência de onde ocorre o descarte dos resíduos recolhidos.

## **APÊNDICE B - MAPAS DE PERDAS**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO  
EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO COM PLACAS CERÂMICAS: UMA OPORTUNIDADE PARA A PRODUÇÃO MAIS LIMPA  
MAPA DE PERDAS



MAPA DE PERDAS



Figura 1B- exemplo de como o projeto de instalações elétricas pode gerar perdas de cerâmicas. O posicionamento na placa dificulta o corte e pode vir a danificá-la.



Figura 2B- outro exemplo de como o projeto de instalações elétricas pode gerar perdas de cerâmicas. O posicionamento na placa dificulta o corte e pode vir a danificá-la.



Figura 3B- cortes nas placas cerâmicas nas mais variadas posições demonstra como os projetos de instalações elétricas mão levam em conta a modulação das cerâmicas.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO  
EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO COM PLACAS CERÂMICAS: UMA OPORTUNIDADE PARA A PRODUÇÃO MAIS LIMPA  
MAPA DE PERDAS



MAPA DE PERDAS



Figura 4B- mais um exemplo de corte em cerâmica gerado pelo projeto de instalação elétrica.

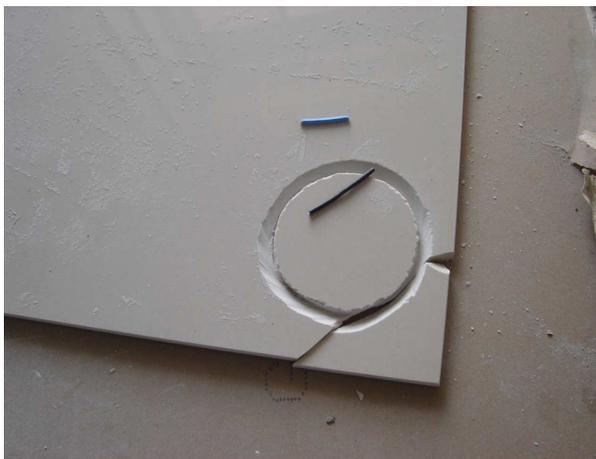


Figura 5B- peça danificada na tentativa de corte.

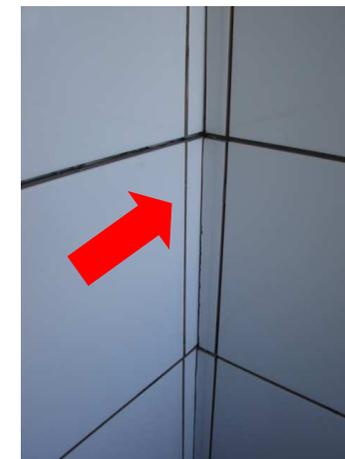


Figura 6B- exemplo de falta de modulação e de compatibilização da cerâmica especificada com as dimensões do ambiente.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO  
EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO COM PLACAS CERÂMICAS: UMA OPORTUNIDADE PARA A PRODUÇÃO MAIS LIMPA  
MAPA DE PERDAS



MAPA DE PERDAS

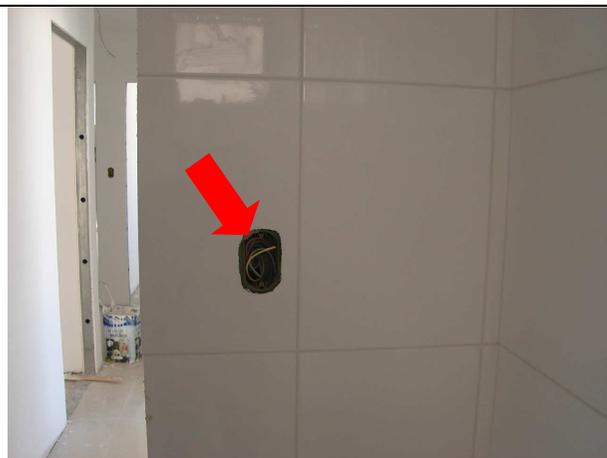


Figura 7B- formato da caixinha e posicionamento dificultando ainda mais o corte da peça.



Figura 8B- posicionamento da caixinha dificultando ainda mais o corte da peça.

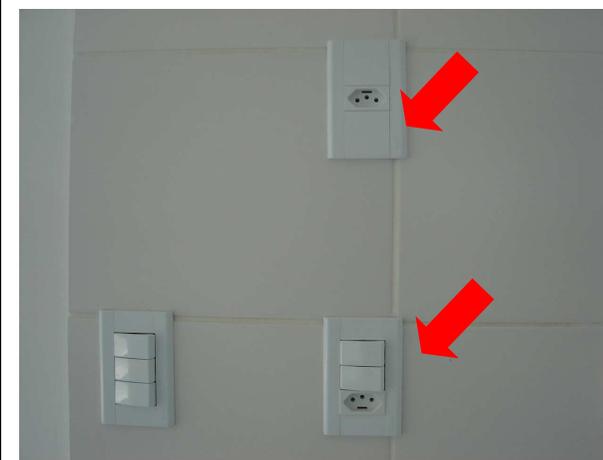


Figura 9B- bom exemplo de projeto com a tentativa de a maioria das caixinhas ficarem posicionadas de modo a facilitar os cortes.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO  
EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO COM PLACAS CERÂMICAS: UMA OPORTUNIDADE PARA A PRODUÇÃO MAIS LIMPA  
MAPA DE PERDAS



MAPA DE PERDAS



Figura 10B- exemplo de como o projeto arquitetônico pode ajudar nas perdas; a varanda curva gera muitos cortes.



Figura 11B- exemplo de como o projeto arquitetônico pode ajudar nas perdas; o ambiente não foi pensado junto com o revestimento, gerando cortes nas cerâmicas.



Figura 12B- quebra de cerâmicas ainda no transporte para o local de assentamento.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO  
EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO COM PLACAS CERÂMICAS: UMA OPORTUNIDADE PARA A PRODUÇÃO MAIS LIMPA  
MAPA DE PERDAS



MAPA DE PERDAS



Figura 13B- corte de peças para instalação do rodopia e quebra de peças já assentadas no processo de instalação da bancada.



Figura 14B- retrabalho ocasionado pelo gerenciamento inadequado de serviços. Perdeu-se peças cerâmicas durante a instalação da soleira.



Figura 15B- configuração espacial do ambiente ajudando a gerar cortes nas placas cerâmicas.