



## III-126 – ALTERNATIVAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM INDÚSTRIA DE PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO

**Bruno de Almeida Castigioni** <sup>(1)</sup>

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Centro Superior de Educação Tecnológica da UNICAMP.

**Carmenlúcia Santos** <sup>(2)</sup>

Engenheira Química formada pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos. Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, EESC-USP. Professora do curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental do Centro Superior de Educação Tecnológica da UNICAMP.

**Lubienska Cristina Lucas Jaquiê Ribeiro** <sup>(3)</sup>

Engenheira Civil pela Fundação Paulista de Tecnologia e Educação – FPTE, na Escola de Engenharia de Lins – EEL. Mestrado e doutorado em recursos hídricos pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, na Faculdade de Engenharia Civil – FEC. Professora no Curso de Saneamento Ambiental no Centro Superior de Educação Tecnológica – CESET.

**Endereço** <sup>(2)</sup>: Rua Paschoal Marno, 1888 - Jd Nova Itália - Limeira - SP - CEP: 13484-332 - Brasil - Tel: +55 (19) 2113-3466 - e-mail: carmenlucia@ceset.unicamp.br

### RESUMO

O setor da construção civil é conhecido como um dos grandes responsáveis pelos impactos ambientais no Brasil. Estes impactos são oriundos da extração da matéria prima, seu transporte e beneficiamento para a produção de insumos para a indústria da construção civil. A utilização de estruturas pré-moldados apresenta uma série de vantagens, como versatilidade, durabilidade, normalização, agilidade na fabricação, qualidade, resistência ao fogo, regularidade dimensional e sustentabilidade. Com estas características, o sistema se popularizou e se incorporou nas edificações de países Europeus e também nos Estados Unidos. No Brasil o sistema de pré-fabricados e pré-moldados passou a ser utilizado com a chegada das multinacionais no país, que exigiam rapidez e racionalidade nas obras, e se ampliou como tendência no final da década de 1980 e início dos anos 1990. O crescimento no setor, também mostra a necessidade das indústrias em se adequar às políticas ambientais, na redução da utilização de matéria-prima e a busca crescente pela sustentabilidade. Este trabalho tem por objetivo apresentar o diagnóstico ambiental realizado em uma indústria de pré-moldados de concreto, a partir da qual foram identificadas oportunidades de melhoria tanto nos processos de produção, com base nos princípios da produção mais limpa, quanto na avaliação da disposição final dos resíduos gerados. O trabalho foi realizado em uma empresa situada no município de Rafard, Estado de São Paulo. O levantamento de dados necessários ao desenvolvimento do estudo foi realizado por meio de inspeções na planta, que produz dois tipos de produtos: lajes e telhas de concreto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Produção mais limpa; Indústria de Pré-moldados de Concreto; Resíduos de Construção e Demolição.

### INTRODUÇÃO

A construção, até agora, tem-se sustentado em grande escala de recursos naturais e fontes de energia não renováveis, e para que continue a desenvolver-se de forma sustentável, é necessário que o atual modelo seja substituído por outro que priorize economizar estes recursos, evitar desperdícios, reduzir a geração de resíduos e reciclá-los, sempre que possível.

Uma solução idealizada após a segunda grande guerra, na Europa, com o intuito de agregar rapidez nas reconstruções das cidades, foi a utilização de estruturas de pré-moldados de concreto (em que os elementos estruturais, como pilares, vigas, lajes e outros, são moldados e adquirem certo grau de resistência, antes do seu posicionamento definitivo na estrutura. Por este motivo, esse conjunto de peças é também conhecido pelo nome de estrutura pré-fabricada).

Segundo a Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto, existem muitas vantagens na utilização de estruturas pré-moldados. Como por exemplo: versatilidade, durabilidade, normalização,



agilidade na fabricação cumprindo prazos, qualidade, resistência ao fogo, regularidade dimensional, sustentabilidade.

Com os excelentes resultados obtidos, o sistema se popularizou e se incorporou nas edificações de países Europeus e também nos Estados Unidos. No Brasil o sistema de pré-fabricados e pré-moldados passou a ser utilizado com a chegada das multinacionais no país, que exigiam rapidez e racionalidade nas obras, e se ampliou como tendência no final da década de 1980 e início dos anos 1990. Desde então, sua utilização se tornou constante.

Em 2001, foi criada a ABCIC – Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto, através de um esforço coletivo das grandes indústrias do setor, que é responsável por 5% do mercado da construção civil. O nível de qualificação das empresas é grande sendo que algumas possuem certificações de qualidade ISO. Para a sustentabilidade da indústria no quesito qualidade das construções esta associação lançou o selo ABCIC que visa à referência de qualidade e orientação para o consumidor de pré-fabricados.

O setor da construção civil é conhecido como um dos grandes responsáveis pelos impactos ambientais no Brasil. Estes impactos são oriundos da extração da matéria prima, seu transporte e beneficiamento para a produção de insumos para a indústria da construção civil.

A utilização de estruturas pré-moldados apresenta uma série de vantagens, como versatilidade, durabilidade, normalização, agilidade na fabricação, qualidade, resistência ao fogo, regularidade dimensional e sustentabilidade. Com estas características, o sistema se popularizou e se incorporou nas edificações de países Europeus e também nos Estados Unidos. No Brasil o sistema de pré-fabricados e pré-moldados passou a ser utilizado com a chegada das multinacionais no país, que exigiam rapidez e racionalidade nas obras, e se ampliou como tendência no final da década de 1980 e início dos anos 1990. O crescimento no setor, também mostra a necessidade das indústrias em se adequar às políticas ambientais, na redução da utilização de matéria-prima e a busca crescente pela sustentabilidade.

O crescimento no setor, também mostra a necessidade das indústrias em se adequar às políticas ambientais, na redução da utilização de matéria-prima e a busca crescente pela sustentabilidade.

Este trabalho tem por objetivo realizar um diagnóstico ambiental das atividades realizadas numa indústria de pré-moldados de concreto, e propor sugestões de melhoria tanto nos processos de produção que envolve a empresa, quanto na avaliação da disposição final dos resíduos gerados.

## **PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

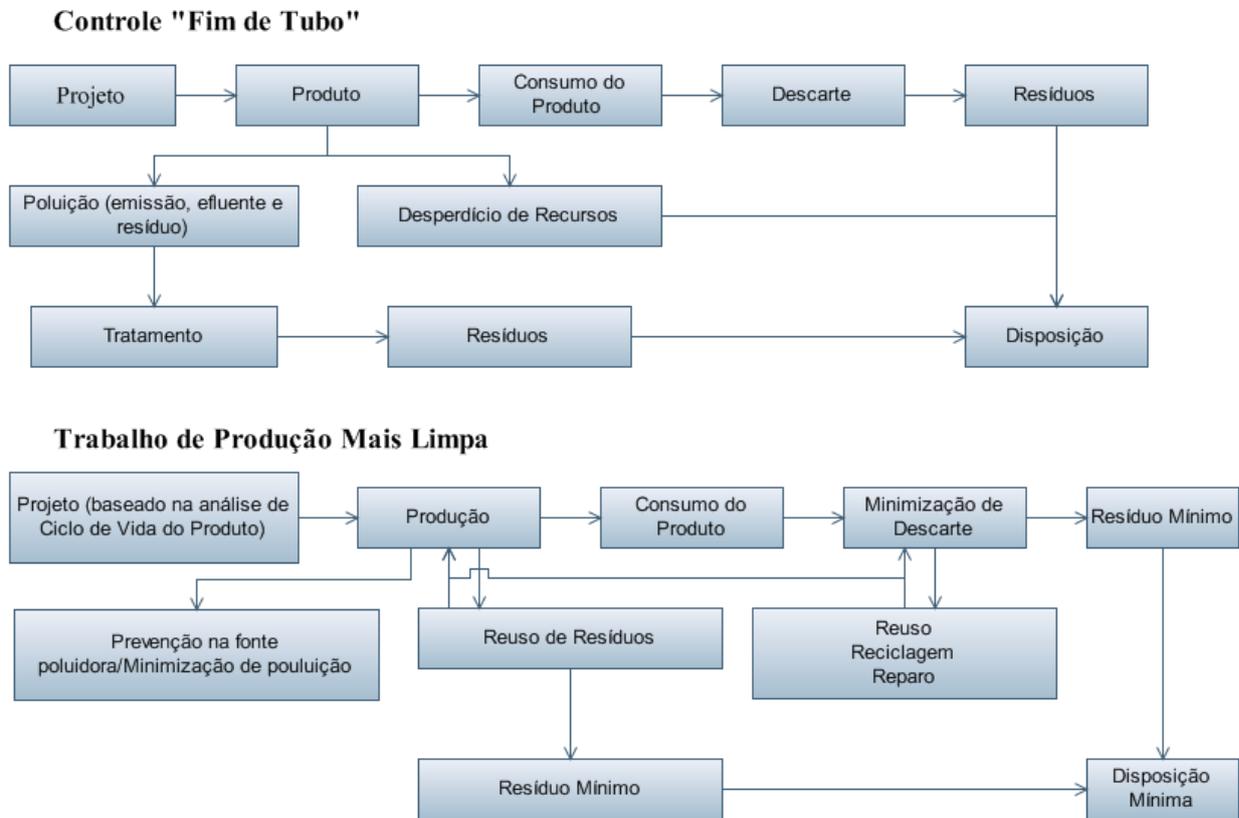
A filosofia da produção mais limpa (P+L) foi desenvolvida pela UNEP – United Nations Environmental Programme, que é o Órgão das Nações Unidas responsável por ações relacionadas ao meio ambiente. A P+L é uma estratégia ambiental integrada e preventiva para processos e produtos, a fim de se reduzirem os riscos para as pessoas e o meio ambiente, através da utilização de técnicas que incluem a conservação de matérias-primas e energia, a eliminação de material tóxico nos processos e a redução da quantidade e toxicidade de todas as emissões e resíduos (ARAÚJO, 2002).

O princípio básico da P+L é eliminar a poluição durante o processo de produção, uma vez que os resíduos gerados pela empresa resultam em custos com o seu gerenciamento, além de representarem um desperdício de matéria-prima, água, energia e outros insumos. Para processos produtivos, a P+L resulta em medidas de conservação de matérias-primas, água e energia; eliminação de substâncias tóxicas e matérias-primas perigosas; redução da quantidade e toxicidade de todas as emissões e resíduos na fonte geradora durante o processo produtivo, de modo isolado ou combinado. Para produtos, a P+L visa reduzir os impactos ambientais e de saúde, além da segurança dos produtos em todo o seu ciclo de vida, desde a extração de matérias-primas, manufatura e uso até a disposição final do produto. Para serviços, a P+L implica em incorporar a preocupação ambiental no projeto e na realização dos serviços (CETESB, 2008).

A filosofia da P+L admite diversos níveis de aplicação junto às empresas, desde o simples ato de refletir criticamente sobre as possibilidades de melhoria de seus processos (e assim reduzir desperdícios), até a efetiva implementação de um programa de P+L. Desta forma, qualquer ação no sentido de observar de outra maneira



os processos, produtos e serviços da empresa já traz inúmeros benefícios. A P+L é obtida pela aplicação de perícia, de melhoria tecnológica e mudanças de atitude (MEDEIROS *et. al.*, 2007). A Figura 1 ilustra de forma esquemática a diferença entre a abordagem convencional "fim-de-tubo" e a P+L.



**Figura 1: Diferenças entre a abordagem convencional e a P+L.**  
**Fonte: MEDEIROS *et.al.*, 2007.**

O Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) propõe que a priorização das oportunidades esteja fundamentada na escala de prioridades para prevenção de resíduos, ou seja, os níveis de aplicação da P+L, demonstrados na Figura 2.



Figura 2: Níveis de aplicação de P+L.  
Fonte: CNTL, 2000.

Com base na Figura 2, deve-se evoluir do nível 1 para os demais níveis para a implantação de um P+L. Avaliando a alternativa de redução na fonte, percebe-se que existem duas opções a serem seguidas, ou seja, modificação no processo industrial ou modificação do produto. A modificação no processo pode envolver técnicas de housekeeping, substituição de matérias-primas e mudanças tecnológicas.

**Técnicas de housekeeping:** consiste em limpezas periódicas, uso cuidadoso de matérias-primas e com o processo, alterações no lay-out físico, ou seja, disposição mais adequada de máquinas e equipamentos que permitam reduzir os desperdícios, elaboração de manuseio para materiais e recipientes, etc. O *housekeeping* permite, ainda, mudanças nas condições operacionais, ou seja, alterações nas vazões, nas temperaturas, nas pressões, nos tempos de residência e outros fatores que atendam às práticas de Prevenção de Resíduos.

**Substituição de matérias-primas:** consiste na identificação de materiais mais resistentes que possam vir a reduzir perdas por manuseio operacional, ou ainda, a substituição de materiais tóxicos por atóxicos e não renováveis por renováveis.

**Mudanças tecnológicas:** utilização de equipamentos mais eficientes do ponto de vista da otimização dos recursos utilizados, uso de controles e de automação que permitam rastrear perdas ou reduzir o risco de acidentes de trabalho, entre outras.

Quanto às modificações do produto, podem ser adotadas as seguintes opções para minimização de resíduos:

**Substituição de produto:** essa opção pode envolver o cancelamento de uma linha produtiva, no qual o produto acabado apresente problemas ambientais significativos, ou ainda, a substituição de um produto com características tóxicas por outro menos tóxico.



**Redesenho do produto (*eco design*):** consiste em desenvolver uma nova concepção do produto que leve em consideração a variável ambiental como fator de redução de custos e oportunidades de negócios. Envolve uma análise combinada de substituição de materiais tóxicos por atóxicos e não renováveis por renováveis, alterações nas dimensões do produto, aumento da vida útil do produto, facilidade de reciclagem de seus componentes e otimização produtiva ou de processos.

De acordo com a metodologia desenvolvida pela UNEP, ao se implantar um programa de produção mais limpa, deve-se seguir uma sequência de etapas, que necessariamente começa com uma etapa de planejamento, onde é imprescindível o envolvimento da alta direção, formação do chamado “ecotime”, determinação da abrangência do programa (determinar se este irá compreender toda a empresa, ou apenas processos e áreas específicas) e identificar as eventuais barreiras.

Em seguida, são realizadas etapas de avaliação, com vistas a identificar oportunidades de produção mais limpa no processo, ou seja, identificar pontos onde estejam ocorrendo geração excessiva de resíduos, ou perdas e desperdícios de recursos materiais e energéticos. Identificadas as oportunidades, devem ser buscadas soluções para os problemas diagnosticados, na forma de alternativas. Estas alternativas por sua vez, devem ser avaliadas quanto à sua viabilidade técnica e econômica.

As alternativas selecionadas serão implantadas, e precisam ser monitoradas e avaliadas, para que seja verificada a sua eficiência (e se necessário, devem ser feitos os ajustes necessários) e a comunicação dos resultados alcançados, de forma a motivar a equipe, para que novas oportunidades e alternativas sejam implantadas, entrando em um ciclo de melhoria contínua do processo industrial. A Figura 3 resume as etapas a serem seguidas na implantação de um programa de P+L.

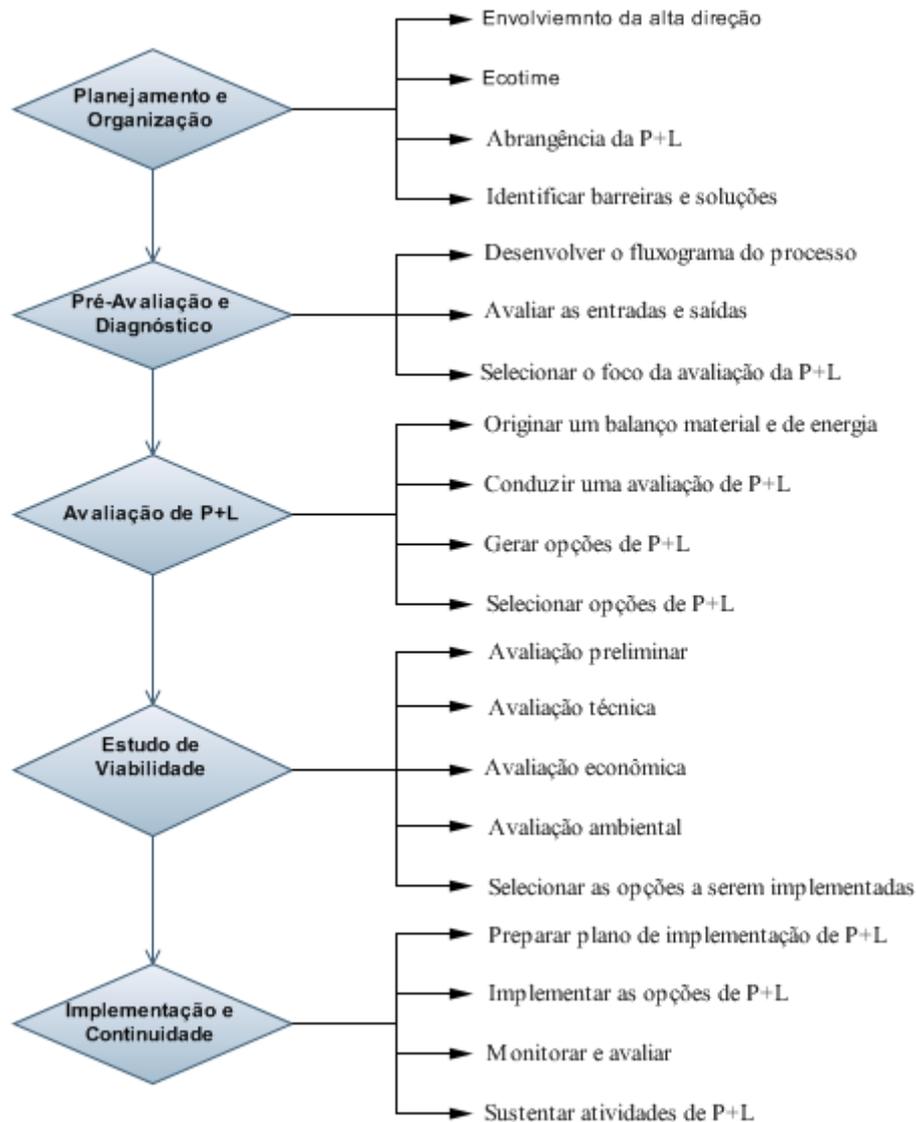


Figura 3: Etapas de um programa de produção mais limpa.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi realizado na empresa Munte Construções Industrializadas Ltda. – Rafard, situada no município de Rafard, Estado de São Paulo. O município pertence à bacia hidrográfica do rio Capivari e faz parte do plano de recuperação da bacia do rio Piracicaba. A cidade é margeada pelo rio Capivari, afluente do rio Tiête. A unidade fabril está inserida num terreno próprio, com uma área aproximada de 100.000 m<sup>2</sup>, e possui uma área construída para fins das instalações industriais e administrativas que gira em torno de 15.000 m<sup>2</sup> (Figura 4).



Figura 4: Vista aérea da área de estudo.

A indústria emprega cerca de 160 colaboradores, sendo aproximadamente 150 funcionários encarregados pela produção, que dividem uma jornada de trabalho das 4h às 2h do dia seguinte, em 3 turnos. A empresa também conta com cinco funcionários de empresas contratadas, para a realização de serviços gerais, tais como limpeza, refeitório e portaria. A unidade fabril entrou em atividade em 2004, e atualmente são produzidas telhas de concreto, lajes alveolares e lajes de fechamento.

A Tabela 1 mostra os dados de produção dos meses de outubro a dezembro de 2007 e de janeiro a abril de 2008, de telha protendida de concreto (TPC), de laje alveolar de 20 e 26,5 cm de diâmetro (LM 20 e LM 26.5) e de laje de fechamento (LF).

Tabela 1: Produção entre 2007 e 2008.

Produtos	Out/07	Nov/07	Dez /07	Jan/07	Fev/07	Mar/07	Abr/07
TPC	868,31	774,44	701,97	1100,29	312,9	855,27	1282,11
LM 20	627,81	658,04	608,93	849,8	820,1	1602,77	858,65
LM 26,5	1301,71	1054,83	384,75	38,44	238,07	176,16	308,55
LF	108,07	317,59	315,18	743,54	193,15	60,51	639,19
<b>TOTAL</b>	<b>2905,9</b>	<b>2804,9</b>	<b>2010,83</b>	<b>2732,07</b>	<b>2164,22</b>	<b>2694,71</b>	<b>3088,5</b>

A Figura 5 mostra o fluxograma geral do processo de produção destes produtos. As etapas do processo são as mesmas para os dois produtos, exceto para as lajes, que não passam pela etapa de armação.

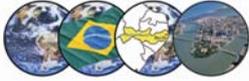


Figura 5: Fluxograma geral do processo industrial de pré-fabricados.

**Mistura:** após a correção da umidade dos agregados, pesagem dos materiais e dosagem de aditivo, faz-se a homogeneização do concreto, que é posteriormente lançado sobre a caçamba.

**Transporte:** por meio de caçambas, o concreto é transportado por ponte rolante e com auxílio de caminhão, no caso de haver necessidade de intercomunicação entre pontes paralelas.

**Lançamento e vibração:** o concreto é lançado sobre a forma e, então, se realiza o seu remanejamento com pás, enxadas e adensamento com vibradores, removendo-se o manualmente o excesso do material.



**Desempeno:** o desempeno é manual, realizado esfregando-se a desempenadeira de madeira, sobre a superfície do concreto. Com o auxílio de um sacador (desempenadeira com tela de aço), o agregado graúdo é empurrado em direção ao fundo, restando a nata de cimento junto à quarta face do elemento pré-fabricado, permitindo um acabamento mais bem-feito.

**Queima e acabamento:** consiste em passar a colher de pedreiro, para retirada das marcas deixadas pelo socador, e executar novamente o desempeno manual com desempenadeira de madeira. Após o início de pega do concreto, efetuar o desempeno manual com desempenadeira de aço. Esse procedimento é denominado “queimar” a superfície da peça, e é repetido até se obter a rugosidade desejada para a superfície.

## LEVANTAMENTO DE DADOS

O levantamento de dados necessários para realizar o trabalho foi feito mediante a inspeção da área, e da análise de planilhas de controle de produção e de geração de resíduos.

Foram desenvolvidos fluxogramas específicos para cada produto fabricado, de forma a permitir a identificação de todos os pontos de geração de resíduos, forma de acondicionamento, tratamento e disposição final dos mesmos, visando identificar possíveis oportunidades de melhoria com base nos princípios de produção mais limpa.

## DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

Com o intuito de promover um melhor entendimento do processo industrial, esta análise será dividida em dois procedimentos. No primeiro serão analisados os processos de correntes da produção de concreto, e no segundo procedimento será avaliada a cadeia de produção das telhas e lajes.

## CENTRAL DE CONCRETO

Na central de concreto é produzido todo o concreto utilizado para a produção dos diferentes estruturas pré-moldadas produzidas pela empresa. O processo de fabricação é simples e será apresentado de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 6. Basicamente, o processo é constituído da mistura dos materiais que compõem o concreto. O processo inicia-se com a programação do sistema, que é automatizado, onde a matéria-prima será dosada de acordo com as características especificadas para cada produto.

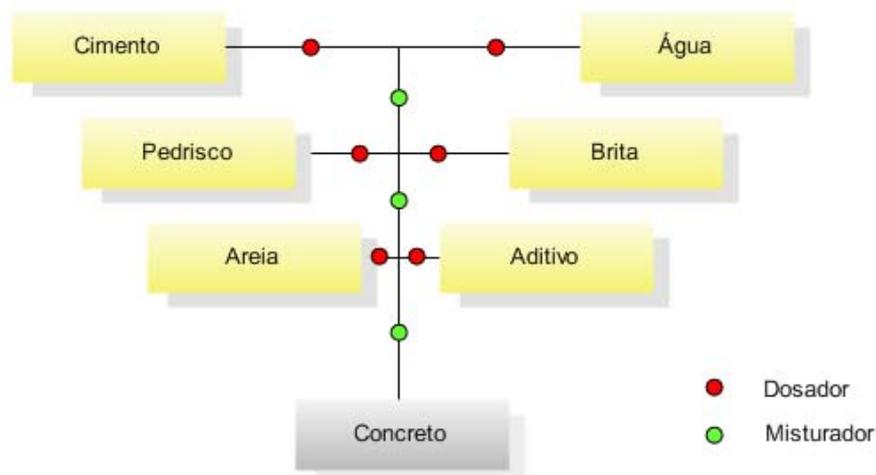


Figura6: Fabricação do concreto.



## Produção de Telhas e Lajes

Com o objetivo de analisar criteriosamente todas as etapas do processo industrial, foi desenvolvido um mapa do fluxo do processo, das atividades executadas na indústria. A Figura 7 mostra o fluxograma do processo de produção da empresa.

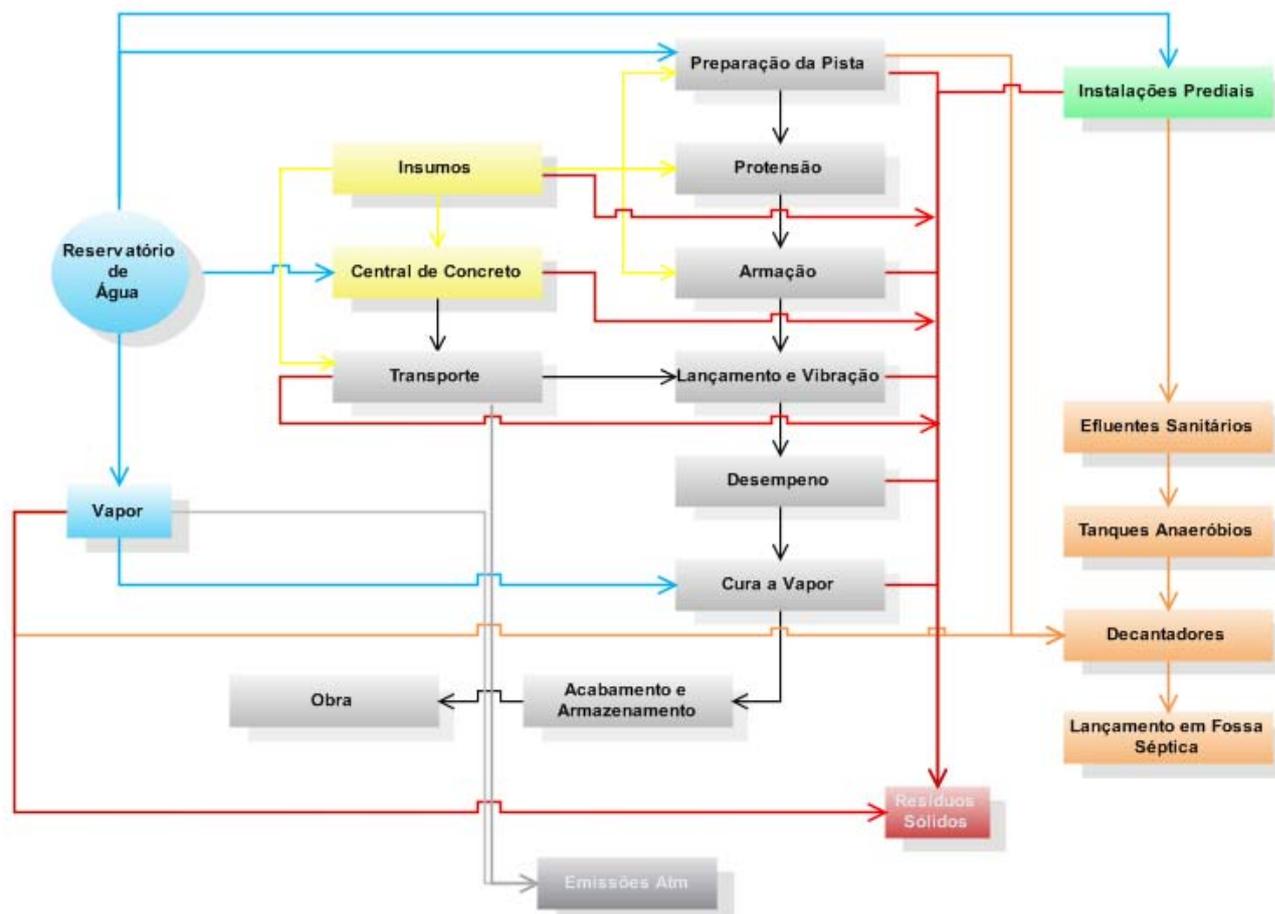


Figura 7: Etapas do processo produtivo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### FONTES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS

As informações referentes à identificação dos resíduos gerados no processo industrial e demais áreas a empresa, foram organizadas na forma de fluxograma, como mostra a Figura 8.

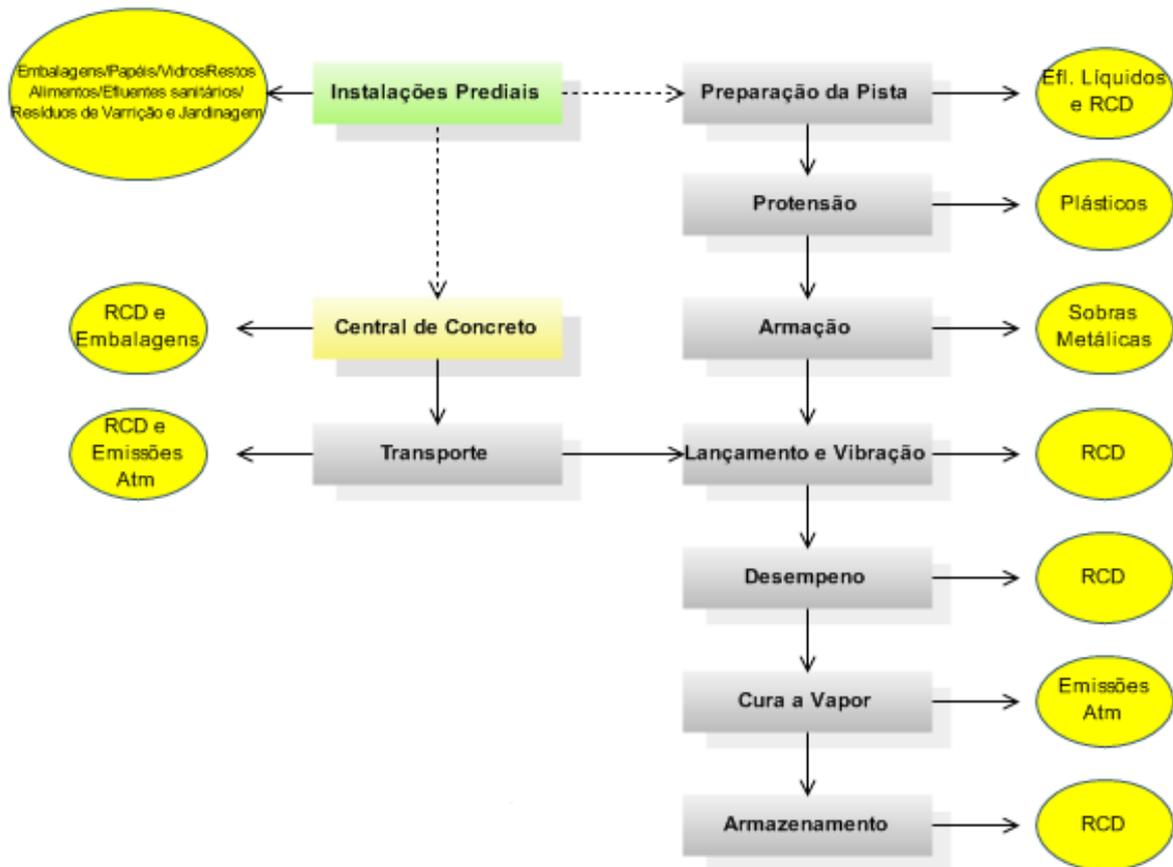


Figura 8. Fontes de geração de resíduos no processo produtivo.

## CARACTERIZAÇÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS

O levantamento de resíduos das diversas etapas do processo industrial, bem como dos setores administrativos e de convivência, considera o local onde foram gerados, suas principais características, destinação final e sugestões para seu melhor gerenciamento. A Tabela 2 apresenta os pontos de geração de resíduos, o tipo de resíduo, as formas de acondicionamento e a disposição final.



Tabela 2: Origem, formas de acondicionamento e disposição final de resíduos.

Resíduo	Origem	Acondicionamento	Disposição Final
Sobras de concreto	Central de Concreto	Pátio de RCD	Doação
	Preparação da Pista	Pátio de RCD	Doação
	Concretagem e vibração	Pátio de RCD	Doação
	Desempeno	Pátio de RCD	Doação
	Acondicionamento	Pátio de RCD	Doação
Sobras Metálicas	Transporte	Pátio de RCD	Doação
	Armação	Tambores	Doação
	Protensão	Tambores	Doação
Embalagens	Armazenamento	Tambores	Doação
	Central de Concreto	Sacos para Lixo	Coleta Pública
Gasosos	Transporte		Lançados na Atm.
	Cura a vapor		Lançados na Atm.
Restos de Alimentos	Produção de vapor		Lançados na Atm.
	Restaurante	Tambores	Criadores de Suínos
Resíduos de Varrição	Preparação da Pista	Sacos para lixo	Coleta Pública
	Pátio Industrial	Sacos para lixo	Coleta Pública
	Manutenção	Sacos para lixo	Coleta Pública
	Central de Concreto	Sacos para lixo	Coleta Pública
	Instalações Prediais	Sacos para lixo	Coleta Pública
Efluentes Líquidos	Pátio Industrial		Fossa Séptica
	Manutenção		Fossa Séptica
	Central de Concreto		Fossa Séptica
	Áreas de jardinagem		Fossa Séptica
	Instalações Prediais		Fossa Séptica
Papéis, Plásticos, Vidros e Metais	Pátio Industrial	Sacos para lixo	Coleta pública
	Central de Concreto	Sacos para lixo	Coleta pública
	Instalações Prediais	Sacos para lixo	Coleta pública

### Resíduos do Processo Industrial

Como avaliado anteriormente, o processo industrial é decorrente de técnicas de construção, não necessitando de grandes processos de transformação que resultariam em subprodutos capazes de agravar o problema de geração de resíduos. Na sua maioria os resíduos gerados são encontrados na fase sólida e caracterizados como Resíduos de Construção e Demolição (RCD). São provenientes de intervenções manuais no processo, falhas no ajuste dos equipamentos, incrustações de concreto em praticamente todas as etapas do processo e blocos de concreto originados pelo corte das peças.

A intervenção manual constitui grande parte do processo, geralmente com fins de limpeza (Figura 9) e armação das pistas, divisão, arremate e acabamento das peças. Nessa etapa, boa parte do concreto sobressalente é descartada, e depois encaminhada para o pátio de RCD. Também são resultantes desses processos, resíduos de arame, palha de aço, madeira, poeira, plásticos, etc.



**Figura 9: Limpeza da pista de concretagem.**

Como detalhado na análise do processo industrial, o alinhamento entre o carro extrusor e a forma deve ser totalmente ajustado a fim de que não cause deformações nas peças e também desperdício de matéria-prima.

Particularmente no caso das lajes, o alinhamento da extrusora com a pista só se dá após um curto período em que o veículo percorreu a mesma, de forma que as extremidades da peça presentes na cabeceira da pista devem ser descartadas. Em uma das visitas realizadas na empresa, notou-se que a extrusora de telha, apresentava um alinhamento um pouco prejudicado, devido ao desgaste da borracha de vedação da máquina, esse desgaste ocorre com frequência e acarreta em grandes perdas de material.

A central de concreto gera quantidades significativas de RCD, por incrustações de concreto presente nas paredes dos mecanismos que a compõe, carregamento dos agregados miúdos por correntes de ar, uma vez que estes se encontram expostos a céu aberto. As incrustações de concretos estão presentes em praticamente todas as atividades do processo industrial e são causadas pelas próprias características físicas que constitui esse material. Com relação ao corte das peças, estes geram grandes blocos de concreto armado, restos de cordoalha, e quantidade significante de poeira que se dispersam na atmosfera.

Entre os demais resíduos sólidos provenientes do processo industrial, podemos destacar os resíduos de limpeza das áreas externas e resíduos de varrição da fábrica.

A Figura 10 mostra o local onde os RCD são armazenados antes de serem dispostos. Os RCD são doados para a Prefeitura Municipal de Rafard, e utilizados para aterrar áreas erodidas. Outro motivo para que isso ocorra, é a carência da existência de uma área apropriada para a disposição final desse resíduo, naquela região.



**Figura 10: Pátio de armazenagem dos RCD produzidos pela indústria.**

A geração de efluentes líquidos decorrentes do processo industrial é pequena. Isso se deve ao fato da utilização de água apenas para a lavagem das pistas e das máquinas que compõem o processo produtivo. A água utilizada para a fabricação do concreto é praticamente toda incorporada ao produto.

Nos resultados obtidos através das análises dos efluentes líquidos, observou-se que o mesmo é constituído de compostos orgânicos, originados de óleos, graxas. O efluente gerado pelo processo de tratamento da água utilizada na caldeira, também é incorporado ao sistema de tratamento de efluentes.

De acordo com os levantamentos realizados, o processo de tratamento apresentou resultados satisfatórios. Porém, observa-se que o aumento da produtividade da unidade fabril, desde a sua implantação, acarretou em ampliações das instalações industriais e aumento do número de funcionários, o que pode gerar num futuro próximo é que esse processo de tratamento não atenda as necessidades da indústria, necessitando de uma ampliação do sistema.

Quanto aos resíduos sólidos gerados pela caldeira, estes são originados pela queima da lenha, são compostos por cinzas e encaminhados para coleta pública. As emissões gasosas provenientes do processo gerador de vapor passam por um pré-filtro, e em seguida é lançada na atmosfera.

É válido ressaltar que a empresa procura se enquadrar nas legislações vigentes, não apresentando até a realização desse trabalho, penalizações por nenhum tipo de infração cometida.

## **IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA**

A questão ambiental na indústria ainda é tratada de maneira pouco representativa. A necessidade da minimização dos resíduos gerados garante um aumento na produtividade e a perspectiva de certificações ambientais, além do selo de excelência nível III da ABCIC – Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto, que será alcançado com a gestão ambiental incluída no sistema produtivo.

A planta industrial aumentou consideravelmente sua produção desde a sua fundação. No mês de abril, a unidade Rafard ultrapassou a produção da matriz, situada em Itapevi e constantemente vem batendo recordes de produção. Esse aumento na produção gerou uma necessidade de ampliação significativa na planta industrial.

A implantação de um sistema de gerenciamento ambiental é de fundamental importância na atual circunstância, e deverá abordar uma análise profunda do processo industrial, acompanhado de um plano de monitoramento dos resíduos gerados no processo, contemplando todo ciclo de geração do resíduo. Esse plano deverá ser elaborado com base nos principais problemas avaliados pelo presente estudo:



### a) Mão de obra e Automação do Processo Produtivo

O processo produtivo utilizado pela indústria necessita de grande intervenção manual. Pela busca permanente da elevação dos índices de qualidade, faz com que a empresa necessite de uma mão de obra com certo grau de qualificação. O grande problema, é que essa indústria está inserida numa categoria que possui um grande nível de desqualificação na mão-de-obra que emprega. Essa desqualificação existe por se tratar de serviços que necessitam de grande esforço físico, baixa remuneração e uma relação empregador/empregado baseada em valores de baixo nível, onde o real valor está agregado ao maquinário empregado no processo, as edificações da empresa e capital investido.

As etapas que hoje são realizadas manualmente poderiam facilmente ser automatizadas, como já acontece em países europeus. O fato é que pra alcançar esse nível de evolução tecnológica, exige uma quantidade recursos que ainda não traz viabilidade pra esse setor da indústria. Na Alemanha, uma fábrica com produção mensal na ordem de 40.000 m<sup>2</sup> ao mês, necessita de 5 trabalhadores na produção, no Brasil, uma indústria com esse mesmo porte, necessita de 40 a 50 trabalhadores em seu processo [5].

A automação do processo resultaria na minimização da produção de resíduos de concreto, que é gerado através da grande intervenção manual que o processo sofre, podendo atingir valores próximos à zero e aumento na produção devido à diminuição de tempo para o cumprimento das etapas do processo.

Com a importância da geração de empregos aliada a necessidade de altos índices de desempenho, desde sua implantação em Rafard, a empresa diminuiu significativamente a relação homem por hora trabalho, podendo ser citado com exemplo, o processo da TPC, que na matriz chegou atingir 17hh/m<sup>3</sup>, depois da implantação de melhorias no processo, e em Rafard atingiu 13hh/m<sup>3</sup>. Isso se deve ao fato da implantação de uma metodologia que procura utilizar valores de alto nível, onde a maior preocupação está em valorizar a cultura, aprendizagem, melhorias, pessoas, relações e atitudes.

Porém, esse alto desempenho contempla o aumento da produtividade e as especificações de qualidade do produto, deixando a desejar nas questões de geração de resíduos oriundas da atividade industrial.

### b) Reutilização de RCD

O resíduo proveniente do processo industrial deve ser tratado com maior atenção pelo gerador. A indústria necessita de viabilizar técnicas para que esse resíduo seja parte inerente do processo e adequando melhor a destinação dada a esse resíduo, de acordo com a legislação vigente. Esse resíduo pode ser reutilizado em diversas situações, entre elas a produção de agregados, produção de peças de concreto sem fins estruturais e até mesmo em base de pavimentações. A melhor das opções para esse resíduo, seria que esse voltasse para parte do processo, minimizando custos e consumo de matéria-prima.

A variação da composição dos agregados obtidos a partir da reciclagem do RCD, causou uma diferença entre 13,2% e 30% na resistência à compressão dos concretos em relação a concreto com agregados naturais utilizado como referência [6]. Porém, uma substituição de 20% na massa de fração miúda de agregados de concreto ou de alvenaria reciclados, desde que isentos de contaminantes e impurezas, não afeta o comportamento dos concretos do ponto de vista de resistência mecânica e durabilidade se comparado aos concretos convencionais de referência [7].

Com relação à produção de peças de concreto sem fins estruturais, esta seria outra alternativa a ser empregada pela empresa. Os custos para a implantação desse tipo de atividade são significativos, devido ao maquinário utilizado e também a mão-de-obra. Para a empresa em questão a viabilidade de um projeto desse porte é evidente, por possuir uma grande área industrial e parte do maquinário utilizado nesse processo, resultando na fabricação de mais uma linha de produtos.

### c) Melhorias no Processo Industrial

Um grave problema avaliado no processo, está na etapa de transporte do processo industrial. Essa etapa consiste em transportar o concreto dosado na central, até as pistas de concretagem, o que demanda um consumo excessivo de combustíveis, uma vez que esse transporte é realizado por tratores com caçambas para armazenamento do concreto, gerando uma perda considerável desse produto.



Essa etapa poderia ser eliminada, associando a central de concreto com as pistas de concretagem e abastecimento contínuo dos carros extrusores. Para a realização desse tipo de mudança, não demandaria altos custos, e também não acarretaria em desemprego da mão-de-obra.

Outra questão que prejudica em muito o andamento de processo, é o fato da indústria a possuir apenas uma central dosadora de concreto. Pela elevada produção, faz com que a central necessite periodicamente de manutenção. Uma necessidade da empresa seria a de uma central dosadora, de menores proporções, com o intuito de suprir as necessidades da produção, caso ocorra algum problema na central principal, isso evitaria paradas na produção e conseqüentemente aumentaria o volume produzido.

## CONCLUSÃO

A implantação de um processo de produção mais limpa vai além da necessidade de atuar na forma de disposição e tratamento dos resíduos gerados pelo processo industrial. A necessidade é pela busca constante por tecnologias que possam resultar em minimizações na exploração dos recursos naturais, processos produtivos menos agressivos e a viabilização da reutilização dos resíduos gerados em parte do processo industrial.

De maneira geral, pode-se dizer que a empresa apresenta um grande interesse na melhora do seu desempenho ambiental, tanto é que, possibilitou a execução desse trabalho, disponibilizou funcionários e dados para a realização do mesmo. Verifica-se que as atuações da indústria, em relação as questões ambientais, se deram por necessidades de atender a legislação vigente, e em melhorias no processo que resulta em maior produtividade.

As informações apresentadas no Capítulo deste trabalho podem servir como base inicial para que a Munte elabore um procedimento sistematizado para elaboração de um plano de gerenciamento ambiental, visando as técnicas de produção mais limpa com foco na redução na fonte, disposição e tratamento final dos resíduos. A implantação deste plano poderá acarretar em benefícios significativos como a minimização de perdas, certificação ambiental, tornando-se a primeira indústria no setor de pré-fabricados a atingir o Selo de Excelência ABCIC de nível III.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAUJO, A. F. **A aplicação da metodologia de produção mais limpa: estudo em uma empresa do setor de Construção Civil.** 2002. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
2. **CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.** Produzida e Mantida pela Cetesb, 1996-2008. O site apresenta diversos temas relacionados ao Saneamento Ambiental no Estado de São Paulo, a atuação da CETESB na região e Leis e Decretos Estaduais ao Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acessado em Maio de 2008.
3. Medeiros, D. D.; Calábria, F.A. ; Silva G. C. S.; J. C. G. F. Silva - **Aplicação da Produção mais Limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua.** Produção, v. 17, n. 1, p. 109-128, Jan./Abr. 2007
4. CNTL. **Manual 5 - Implantação de programas de produção mais limpa.** Porto Alegre, 2000d.
5. TOKUDOME, M. **A Sustentabilidade da Indústria de Pré-Fabricados.** Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Construção em Concreto Pré-moldado. São Carlos, 2005..
6. ZORDAN, S.E. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto.** Campinas. 1997.140p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP.
7. LEVY, S.M. **Contribuição ao estudo da dureabilidade de concretos produzidos com resíduos de concreto e alvenaria.** São Paulo. 2002. 194 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.