

## Experiências com Produção Mais Limpa no Setor Têxtil

### *Experiences with Cleaner Production in the Textile Sector*

#### **Flávia Pinheiro Faria**

Aluna de Doutorado, Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano (IMA), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

#### **Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco**

Professora adjunta, Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano (IMA), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

---

#### **Resumo**

Este artigo apresenta a ferramenta Produção Mais Limpa (P+L) como uma opção para gestão ambiental de empresas da área têxtil. Procura abordar a relevância e aplicabilidade do tema para auxiliar os profissionais da área a minimizarem o consumo de insumos como água, energia e produtos químicos, bem como a geração de resíduos e efluentes na fonte. Uma revisão sobre o assunto em bases de dados e periódicos apontou o uso bem sucedido da ferramenta em vários países, e os benefícios para a indústria têxtil podem ser comprovados em artigos científicos e acadêmicos focados, principalmente, na área de beneficiamento de tecidos. Dentre as medidas de P+L adotadas, destacam-se modificações no processo, *housekeeping* e investimentos em tecnologias limpas. Apesar de ser uma ferramenta comprovadamente eficaz, deve continuar a ser disseminada nas indústrias e em instituições acadêmicas, de modo a estimular nas empresas o enfoque proativo com relação à gestão ambiental.

**Palavras-chave:** Produção Mais Limpa. Gestão Ambiental. Indústria Têxtil.

#### **Abstract**

*This paper presents the Cleaner Production (CP) tool as an option for environmental management of companies in the textile area. It seeks to address the relevance and applicability of the subject to assist professionals in minimizing the consumption of inputs such as water, energy and chemicals, as well as the generation of waste and effluent from the source. A review on the subject in databases and journals pointed out the successful use of the tool in several countries, and the benefits to the textile industry can be proven in academic and scientific articles, mainly in the area of tissue processing. Among the measures adopted of CP, stand out process modifications, housekeeping and clean technology investments. Despite of being an effective tool, it should continue to be disseminated in industries and academic institutions in order to encourage enterprises to proactive approach in relation to environmental management.*

**Keywords:** Cleaner Production. Environmental management. Textile industry.

## 1 Introdução

Em qualquer ramo de atividade industrial, é cada vez maior a preocupação com os impactos negativos gerados ao meio ambiente. As pressões governamentais e os painéis internacionais, que têm discutido as mudanças climáticas e a necessidade de redução da emissão de gases do efeito estufa e da geração de resíduos, na tentativa de salvar o planeta, forçam os empresários a se conscientizarem de sua responsabilidade social e adotarem medidas de gestão ambiental.

### 1.1 Sistema de gestão ambiental

Existem várias iniciativas privadas de gestão ambiental espontânea, em que, além das empresas adotarem as regulamentações da gestão ambiental pública, optam por investir em instrumentos que lhes garantam um diferencial com relação ao desempenho ambiental. As normas ISO série 14000 são o referencial internacional de maior interesse para o setor privado. A certificação com a ISO 14001 indica estar em conformidade com uma série de requisitos legais que garantem o controle dos padrões ambientais. No entanto, empresas que não podem arcar com os custos de implantação e consultoria para um sistema de grande porte podem contar com outras alternativas que trazem benefícios ambientais e econômicos. Uma dessas alternativas é a adoção da ferramenta Produção Mais Limpa (P+L), que foca a prevenção à poluição com a redução na fonte da geração de resíduos e emissões.

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, sigla em português, ou UNEP, sigla em inglês de *United Nations Environment Programme*), P+L é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada para processos, produtos e serviços, a fim de aumentar a eficiência total e de reduzir riscos aos seres humanos e ao meio ambiente. No caso de processos produtivos, a aplicação de P+L resulta na conservação de matéria-prima, água e energia; eliminação de materiais tóxicos e perigosos; e redução na fonte da quantidade e da toxicidade das emissões e desperdícios gerados durante o processo de produção. Para os produtos, o objetivo é reduzir os impactos negativos gerados desde a extração de matérias-primas, passando pelo processamento e uso, até a disposição final do produto. No caso de serviços, P+L implica conceitos ambientais incorporados ao projeto e à execução (UNEP; RIBEIRO, 2002).

### 1.2 Histórico da ferramenta P+L

Os primeiros conceitos de P+L surgiram nos meados da década de 80, quando o PNUMA estudou setores industriais e concluiu que o custo de tratar o resíduo gerado era maior

do que o de evitá-lo na fonte. Em 1989 estabeleceu o Programa de P+L, cujas atividades geraram projetos de governo, centros nacionais de assistência técnica, pesquisas acadêmicas e programas de treinamento com manuais, livros e jornais sobre P+L (GEISER, 2001; EL-KHOLY, 2002).

A partir de 1994, foram criados os Centros Nacionais de P+L com a meta de difundir e implementar a estratégia de P+L nas empresas e nas políticas governamentais de 24 países em desenvolvimento, considerando as condições locais para a capacitação de pessoal (EL-KHOLY, 2002). No Brasil, o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) foi sediado no Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) do Rio Grande do Sul, com o lema: “prevenir é sempre mais barato que remediar” (CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS SENAI).

A Rede de Tecnologias Limpas e Minimização de Resíduos (TECLIM) foi criada na Bahia, em 1997, com o intuito de estabelecer e dinamizar cooperação interinstitucional para realização de estudos e experiências no sentido de difundir e implementar tecnologias limpas na produção industrial. A rede conta com o apoio de programas do governo e de organizações como Bahia Sul Celulose, Braskem Petroquímica do Nordeste S.A, Caraíba Metais, Gerdau e Monsanto, dentre outras (TECLIM).

Em 1998, na Coréia do Sul, o PNUMA lançou o documento Declaração Internacional sobre Produção Mais Limpa, através do qual as instituições signatárias comprometem-se com a responsabilidade coletiva pelo desenvolvimento sustentável, implementando políticas de produção cada vez melhores do ponto de vista ambiental, através das práticas de P+L (EL-KHOLY, 2002; PINO NETO, 2005). A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) foi signatária no mesmo ano, ou seja, 1998 (CETESB, 2005). O Governo Brasileiro assinou esse documento em 2003, no 1º Encontro Nacional de P+L (PINO NETO, 2005). Na área industrial, em 2004, a Braskem foi a primeira empresa brasileira a assinar a Declaração (PINO NETO, 2005), seguida em 2005 pela Votorantim Celulose e Papel (VCP) (VOTORANTIM, 2005). Já no meio acadêmico, a Universidade Paulista (UNIP) assinou em 2005 e promove periodicamente encontros internacionais de P+L (UNIP).

Em 1999, a Rede Brasileira de P+L formou-se com a criação de núcleos regionais em parceria com o Banco do Nordeste, o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS). Hoje conta com 18 núcleos, que ajudam na implantação do P+L com cartilhas, cursos e consultoria (PmaisL). No Rio de Janeiro, por exemplo, o Núcleo de Produção Mais Limpa do Sistema FIRJAN (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro) é sediado e administrado pelo Centro de Tecnologia Ambiental do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial e é fruto de uma parceria entre Sistema FIRJAN, Secretaria de Estado do Ambiente (SEA), CEBDS, Universidade do Estado do Rio de

Janeiro (UERJ) e SEBRAE-RJ. Esse Núcleo atua por meio de prestação de serviços para implementação de técnicas de P+L nos processos produtivos, treinamento e capacitação de profissionais, promoção de seminários, palestras e *workshops*, e edição de periódicos sobre P+L (FIRJAN).

### **1.3 Justificativa para aplicação da ferramenta na indústria têxtil**

A indústria têxtil foi escolhida para o estudo pelo fato de ser, tradicionalmente, grande geradora de água residual e de efluentes líquidos contendo produtos químicos, resultantes dos processos de beneficiamento de fios e tecidos. Essa indústria também comporta equipamentos robustos, que consomem altos índices de energia elétrica, e gera resíduos como aparas de tecido, pó e artefatos com defeito de estamparia ou corte, que devem ser minimizados.

Segundo Bruno *et al.* (2009), essa indústria precisa inovar, mas as inovações deverão seguir critérios ainda mais exigentes em termos do conhecimento envolvido sobre os mínimos detalhes da produção, do suprimento e do consumo. Produtos, insumos, máquinas, processos, métodos e formas de organização do trabalho estarão cada vez mais condicionados ao impacto que causam ao meio ambiente. A participação do consumidor e dos demais atores da cadeia têxtil e de confecção é fundamental para implementação das inovações desde a base do processo produtivo. Novos produtos e processos de baixo impacto ambiental estão ainda limitados pela capacidade das melhores tecnologias disponíveis e de uma abordagem sistêmica que integre anseios de atores sociais, sistemas produtivos e sistemas de pesquisa e inovação sob um mesmo marco cultural.

Bruno *et al.* (2009) informam em estudos de análise de ciclo de vida (ACV) que em certos produtos a fase de uso é muito mais importante na possibilidade de redução de consumo de água e energia do que a fase de produção, apesar disto há muitos processos têxteis que ainda podem ser melhorados sob o ponto de vista ambiental. Além do consumo dos insumos principais, podem ser considerados focos para implementação de P+L as emissões atmosféricas geradas no setor de fiação, as sobras de ourelas da tecelagem, os retalhos de corte, o desperdício de corantes e pigmentos da estamparia, o excesso de goma do tecido, as perdas nos passadores e maçaroqueiras, o volume dos banhos de tingimento e vários outros pontos que devem ser monitorados com indicadores de desempenho ambiental.

O objetivo do artigo é alertar os profissionais das indústrias têxtil e de confecção para a urgência de se minimizarem cada vez mais os poluentes gerados e os insumos consumidos, utilizando, para tanto, uma ferramenta de gestão ambiental de fácil implementação, baixo custo e rápido retorno dos investimentos. Dessa forma, o artigo

contém uma introdução com o histórico da ferramenta e um item para mostrar a disseminação dos conceitos de P+L no Brasil e no mundo, comprovando seu reconhecimento. Os resultados pretendidos incluem as experiências nacionais e internacionais de implementação da ferramenta na indústria têxtil, ilustrando casos de sucesso em vários países que mostram os ganhos financeiros e ambientais alcançados.

## **2 Disseminação da ferramenta P+L**

### **2.1 No mundo**

No cenário internacional, observam-se em artigos publicados no *Journal of Cleaner Production*, editado pela Elsevier, e no *Journal Clean Technologies and Environmental Policy*, da SpringerLink, países muito adiantados na implementação da ferramenta P+L. As publicações enfocam experiências de algumas nações que adotaram a metodologia para aumentar a competitividade de suas empresas.

Existe uma Rede Global de P+L (*Global Cleaner Production Network*) que tem como objetivo ajudar a comunidade internacional interessada em encontrar e compartilhar informações sobre P+L. A rede oferece ferramentas *on-line*, direciona para *sites* não governamentais e setoriais e inclui as seguintes organizações: *African Cleaner Production Network*, *Asia Pacific Roundtable for Cleaner Production*, *Canadian Centre for Pollution Prevention*, *China Pollution Prevention and Energy Efficiency Program*, *Cleaner Production Roundtable of the Americas*, *European Roundtable for Cleaner Production*, *U.S. Environmental Protection Agency* e *U.S. National Pollution Prevention Roundtable*.

A Rede Tailandesa de Energia e Meio Ambiente (*Thailand Energy and Environment Network- TEENET*) do Instituto Asiático de Tecnologia (*Asian Institute of Technology- AIT*) é um projeto de informação em rede que disponibiliza 32 bases de dados sobre P+L, sendo algumas de acesso gratuito. A implantação da ferramenta nos países asiáticos merece destaque para a China, que é o primeiro país a ter uma Lei Nacional da Promoção da P+L (*Cleaner Production Promotion Law*) que a torna mandatária da implementação das práticas de P+L. O país estabeleceu a meta de quadruplicar seu Produto Interno Bruto (PIB) entre os anos de 2000 e 2020, após um crescimento de 1000% nos últimos 27 anos, simultaneamente com incremento de seu desempenho ambiental e manutenção da estabilidade social (HICKS; DIETMAR, 2007).

A Austrália conta, desde 1999, com um Centro de Excelência em P+L (*The Centre of Excellence in Cleaner Production – CECP*), na Universidade de Curtin.

Na Holanda, a importância da P+L ancora-se no *Environmental Management Act*, lei que entrou em vigor em 1993 e que aplicou regras, principalmente para grupos de grandes

empresas com relação à prevenção de desperdícios e de emissões (GOMBAULT; VERSTEEGE, 1999).

A metodologia também é adotada na Noruega desde o início da década de 90, comprovando que, além dos ganhos tangíveis econômicos e ambientais, ocorrem ainda os benefícios intangíveis advindos dos projetos de P+L, dentre os quais: criação de uma atitude proativa nas pessoas, envolvimento dos clientes e fornecedores, melhora da relação com a comunidade vizinha à empresa, ganhos com as condições de saúde e segurança dos funcionários, incentivo à competitividade, e visão holística da produção, dos recursos, da economia e do meio ambiente (KZAERHEIM, 2005).

A indústria química é o segundo maior setor industrial da Bélgica, representando 25% do capital de giro e 20% das exportações do país. O Porto de Antwerp, depois de Houston (Texas-EUA), é o maior complexo petroquímico do mundo. Avanços consideráveis foram obtidos com a implantação de P+L na indústria química belga, sendo destacado o exemplo da BASF Antwerp, que obteve ganhos com a minimização no uso de matéria-prima, produtos auxiliares, água e energia, com a reciclagem de resíduo e energia e com a redução na geração de resíduo e de emissões (VANDERCASTEELE; CANEGHEM, 2007).

O meio acadêmico internacional também tem atuado na área de P+L. Na região do Mar Báltico, foi criado em 2002 o Programa de Mestrado em Gerenciamento Ambiental e P+L, incluindo a participação de universidades técnicas de países como Dinamarca, Finlândia, Lituânia e Suíça, dentre outros (STANISKIS; ARBACIAUSICAS, 2003). Nos Estados Unidos, a Universidade de Los Angeles conta com um Centro de Tecnologia Limpa (*University of California Los Angeles Center for Clean Technology – UCLA CCT*). O conceito de educação em produção sustentável está sendo expandido nas universidades americanas, uma vez que a maioria das instituições de ensino superior busca a certificação da *Accreditation Board for Engineering and Technology* (ABET) (ROCHON *et al.*, 2006).

## 2.2 No Brasil

O conhecimento de tecnologias amigáveis ao meio ambiente e estratégias para prevenir e minimizar o dano ambiental causado pelos processos químicos têm ganhado considerável importância, em especial no que concerne às novas habilidades exigidas dos engenheiros químicos e têxteis. A integração desses conceitos ao currículo da engenharia é essencial para disseminação do conhecimento por aqueles que irão participar ativamente do futuro do país.

No Brasil, alguns exemplos na área acadêmica encontram-se na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que oferece curso de graduação em Engenharia com ênfase em

tecnologias limpas; na Universidade de Brasília, que instala o Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS-UnB); na Universidade Federal da Bahia, que, em seu departamento de Engenharia Ambiental, conta com o Programa de Pós-Graduação em Produção Limpa (TECLIM); na Universidade Regional de Blumenau (FURB), que oferece o curso de Engenharia de Produção com ênfase em Tecnologias Mais Limpas (BASTOS); além de outras universidades que oferecem o curso de Engenharia Ambiental.

A implantação da ferramenta P+L já gerou alguns trabalhos científicos nas universidades, sendo a maior parte estudos de caso realizados dentro de empresas e que valem como modelos para os respectivos setores industriais. Foram encontradas 92 publicações acadêmicas, em nível de pós-graduação (teses ou dissertações), somente defendidas em universidades públicas brasileiras, limitando-se como palavras-chave as expressões "Produção Mais Limpa" e "Produção Limpa", nos campos 'título', 'resumo' ou 'assunto'.

É interessante observar que, das quinze universidades que disponibilizavam virtualmente as teses e dissertações defendidas até 2009, somente três (Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Universidade Federal de Santa Catarina) concentravam 62% dos documentos referentes à adoção da ferramenta P+L (UFBA; UFRGS; UFSC). A concentração nesses locais pode ser associada à proximidade com instituições como TECLIM (Bahia) e CNTL (Rio Grande do Sul), o que facilita o acesso a informações, participação em eventos, treinamento e parcerias com empresas.

As metodologias de implantação da ferramenta P+L podem variar, mas devem contemplar os mesmos aspectos. Através da proposta desenvolvida e apoiada pelo PNUMA, o CNTL oferece alternativas viáveis aos setores produtivos para a identificação de técnicas de P+L. Além disso, o CEBDS autoriza para *download* em suas publicações referentes ao tema "ecoeficiência" dois documentos voltados para auxiliar na implantação de P+L em empresas: uma cartilha e um guia prático de P+L.

Há muitos atores que podem facilitar a promoção da P+L, estabelecendo mecanismos efetivos de financiamento, como, por exemplo, governo, organizações internacionais, agências de crédito, bancos, instituições educacionais, mídia e fundações.

### 3 Metodologia

O levantamento de dados buscou experiências com implantação de P+L na indústria têxtil, através de artigos técnicos publicados em periódicos. Para tanto, foram acessadas as seguintes bases, disponíveis na *Internet*:

1. *Journal of Cleaner Production*, disponível em <http://www.environmental-expert.com/magazine/elsevier/jclepro>

2. *Journal Clean Technologies and Environmental Policy*, disponível em <http://www.springerlink.com/content/>
3. Rede de Tecnologias Limpas e Minimização de Resíduos (TECLIM), disponível em <http://www.teclim.ufba.br/site/index.php>
4. Rede Brasileira de Produção Mais Limpa, disponível em <http://www.pmaisl.com.br>
5. Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL), disponível em [www.rs.senai.br/cntl](http://www.rs.senai.br/cntl)
6. *U.S. Environmental Protection Agency*, disponível em <http://www.epa.gov/international/techasst/info/cpnetwork.html>
7. Scirus, disponível em <http://www.scirus.com/>
8. *Google scholar*, disponível em <http://scholar.google.com.br/schhp?hl=pt-BR>
9. *Scielo (Scientific Electronic Library Online)*, disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?lng=pt>
10. Portal Capes, disponível em <http://www.periodicos.capes.gov.br>

Como critério de busca, foram consideradas palavras-chave associadas aos temas P+L, redução da poluição e indústria têxtil, nos campos "título", "resumo" ou "assunto" dos documentos. Do conteúdo que foi encontrado, optou-se por considerar o que era mais relevante em termos de benefícios obtidos com a implantação da metodologia, de modo a motivar os empresários do setor para adoção de P+L como ferramenta de gestão ambiental.

## 4 Resultados

Foram publicados casos de sucesso da área têxtil, em que a implantação de medidas de P+L garantiram a redução do consumo de água, de energia, de produtos químicos e de desperdícios durante o processo.

### 4.1 No mundo

As buscas realizadas na literatura apontaram artigos versando sobre a adoção de P+L em diversos países. Tanapongpipat e colaboradores (2008) estudaram a indústria têxtil da Tailândia, que representa o segundo setor em exportação no país. O principal problema dessa indústria estava relacionado aos processos de lavagem, em que se utilizavam excessivamente os recursos como água, energia, agente desengomante, corante, tempo e mão-de-obra, além de ser um processo que gerava grande quantidade de água residual, coloração, sais, demanda química de oxigênio (DQO), total de sólidos

dissolvidos e suspensos. Como a utilização de tratamento enzimático para eliminação do agente engomante não era viável devido ao alto custo de produção, optou-se pela ferramenta P+L para otimização e melhoria da eficiência econômica e ambiental do processo de lavagem da indústria têxtil tailandesa.

O sistema original incluía cinco tanques para a retirada do agente engomante. O primeiro tanque de água era usado para molhar e tirar impurezas da superfície do tecido; dois tanques de desengomagem recebiam o agente químico para eliminar a goma da estrutura do tecido; e nos dois últimos tanques de água, retirava-se o agente desengomante da superfície do tecido (TANAPONGPIPAT *et al.*, 2008).

O estudo para melhorar o processo de desengomagem do tecido e minimizar seus impactos ambientais foi realizado em escala laboratorial, fixando-se os seguintes parâmetros: o tecido investigado era de nylon, contendo agente engomante inicial em 33,02 mg/g de tecido; o agente desengomante foi usado na relação 40 mg/g de tecido; as temperaturas dos tanques de desengomagem foram 80 e 90°C, respectivamente; e as temperaturas dos últimos tanques de lavagem foram 80 e 60°C. A solução aquosa em cada tanque foi fixada em 1,8 L, e o tempo de imersão foi de 8 s (correspondendo a uma velocidade de 30 m/min na máquina). A eficiência do processo foi medida pela perda de massa do agente engomante por unidade de massa do tecido (se maior perda de massa, maior eficiência da lavagem) (TANAPONGPIPAT *et al.*, 2008).

Inicialmente, foi estudado o efeito do agente desengomante sobre a perda de massa da goma no tecido e verificou-se que a perda significativa de goma foi de 18,5 mg/g de tecido e ocorreu nos tanques de desengomagem, enquanto nos tanques de água a perda foi de 0,5 a 2,3 mg/g de tecido. Os resultados confirmaram que só o agente desengomante exercia forte influência sobre a perda de goma do tecido, enquanto a água, não, o que permitiu a eliminação de um tanque de água, com conseqüente redução significativa na geração de efluente (TANAPONGPIPAT *et al.*, 2008).

A análise da relação usada entre o agente desengomante e o tecido (40 mg para 1 g de tecido) provou haver grande desperdício de produto químico. Os autores optaram por variar a proporção do agente entre 5 e 80 mg/g de tecido e concluíram que, na quantidade de 20 mg/g de tecido, a perda de goma era satisfatória. Isso representava 50% a menos que a quantidade de produto químico usada normalmente (TANAPONGPIPAT *et al.*, 2008).

Foi medida, ainda, a influência da temperatura e do tempo de imersão do tecido na solução. Chegou-se à temperatura ideal nos tanques de desengomagem de 80°C no primeiro e 90°C no segundo, e concluiu-se que no tempo de 2 s a perda de goma do tecido foi de 24,35 mg, em 7 s a perda foi de 29,07 mg/g de tecido e acima desse tempo manteve-se quase constante. Concluiu-se que 7 s foi um ótimo tempo de imersão,

correspondendo a uma velocidade de 34,4 m/min na máquina de lavagem (15% superior à original) (TANAPONGPIPAT *et al.*, 2008).

Com as medidas de P+L aplicadas no setor de desengomagem de tecidos de nylon, mais de 89% da goma foram satisfatoriamente eliminados, havendo redução de 50% dos custos do processo e minimização significativa do impacto ambiental, com menor consumo de água, de energia e de geração de efluentes (TANAPONGPIPAT *et al.*, 2008).

Outro estudo do setor têxtil foi realizado por Kiran-Ciliz (2003) com o objetivo de reduzir o consumo de recursos através de modificações no processamento de beneficiamento do algodão. O setor representava 35% das exportações da Turquia, que ocupava o 6º lugar na produção mundial de algodão (KIRAN-CILIZ, 2003). O consumo de água podia chegar de 50 a 100 L/kg de tecido acabado e o consumo de energia, muito usado nos processos de aquecimento, equivalia a 1,5 a 1,7 kWh/kg de tecido acabado (KIRAN-CILIZ, 2003).

A implantação da ferramenta P+L dividiu-se em fases, sendo primeiro criado um time com representantes de diversas áreas e o objetivo de detectar focos óbvios de perdas que não implicassem gastos para sua minimização. Nessa fase, práticas de *housekeeping* foram adotadas ao se verificarem resíduos dispostos em locais inadequados, estocagem errada de materiais perigosos e máquinas com perda de até 10% de energia devido a isolamento inadequado. Optou-se por não investir em novo maquinário, mas na aquisição de trocadores de calor para utilização do calor desperdiçado. Isso significou um investimento de US\$ 328.820, com benefício econômico de US\$ 513.000/ano, que implicou a amortização do investimento já no primeiro ano. O benefício ambiental referiu-se à redução das emissões e ao consumo de energia (KIRAN-CILIZ, 2003).

Além dessa, outras oportunidades de P+L foram identificadas nesse estudo de Kiran-Ciliz (2003), como reduzir a perda de água com uso de água residual e com a eliminação de vazamentos; evitar excesso de consumo de água associado aos banhos com corante; obter água residual tratada; substituir corantes por outros que não contivessem metais pesados; e reduzir a quantidade de ácido acético e detergente usados nos estágios finais do processo de tingimento. Como a fábrica localizava-se em Istambul, onde havia falta de reservas de água, priorizaram-se medidas que envolvessem redução do consumo desse recurso.

Quanto à utilização de produtos químicos menos nocivos ao meio ambiente, verificou-se que retirar o ácido acético e o detergente do último estágio do acabamento não afetou a qualidade do tecido do estudo de Kiran-Ciliz (2003). Nesse caso, não foi necessário investimento e houve um ganho de US\$ 32.370/ano com redução de água e produtos químicos.

Benefícios ambientais também foram obtidos para a indústria têxtil da Índia a partir de procedimentos estudados por Narayanaswamy e Scott (2001). Eles concluíram alguns

aspectos com relação ao processo de acabamento de tecidos: a) que lavagens excessivas de resfriamento e aquecimento não melhoraram a solidez, brilho e pH do tecido; com isso, obtiveram uma economia de 60 m<sup>3</sup>/dia de água (10% da média de consumo diário); b) que a etapa de alvejamento para tons escuros de tingimento não gerava nenhum impacto extra na qualidade do tecido, e tal etapa foi retirada; c) que o uso de amaciante antes do alvejamento era desnecessário, uma vez que as impurezas já teriam sido eliminadas na lavagem alcalina. Com isso, houve grande redução de surfactante na água residual.

Quanto aos produtos químicos usados, vários puderam ser substituídos ao longo do processo: a) hipoclorito foi substituído por peróxido de hidrogênio durante o alvejamento para reduzir o total de sólidos dissolvidos e melhorar a qualidade do tingimento; b) tricloroetileno (TCE), que era tradicionalmente usado para limpar telas de estamparia, foi eliminado e deu lugar ao óleo de terebentina mineral, que é o óleo transportador da pasta de estamparia e remove essa pasta aderida nas telas com maior eficiência; c) corantes tóxicos, que não são permitidos na confecção de *T-shirts*, obrigou fornecedores a eliminarem corantes azo e amino de suas composições; d) produtos químicos como corantes e aditivos puderam ser excluídos do tingimento de tecidos nas cores marrom, verde e branco, que passaram a derivar de algodão colorido naturalmente; e) o consumo de ácido das etapas de tingimento e branqueamento foi reduzido com aquisição de dosador de ácido com medidor digital de pH (NARAYANASWAMY; SCOTT, 2001).

Do total de água residual do processo de estamparia, só a lavagem dos cilindros contribuía com 70% nesse resíduo e foi substituída por limpeza semiautomática das pastas da máquina de estamparia. Isso implicou redução de 50% da água residual gerada e reuso da pasta em operações subsequentes. O investimento em tecnologia permitiu redução do consumo de água em 30% e de energia em 50% com novas relações de banho e tempo de ciclo (NARAYANASWAMY; SCOTT, 2001).

Na Áustria, já em 1998, Fresner (1998) estudou os resultados de um projeto de minimização de resíduos e emissões em uma fábrica têxtil que produzia tecidos simples de malha e lã, e também beneficiava tecidos de pelo natural de cabra e de cavalo, que eram o principal produto vendido para estilistas do mundo inteiro. A empresa tinha poucos concorrentes e seu processo de produção era quase único, sem indicadores de comparação.

Quando o projeto de P+L teve início nessa fábrica austríaca, a quantidade de água residual era de 200 m<sup>3</sup>/dia e um dos principais objetivos era reduzir a demanda química de oxigênio (DQO), referente à grande quantidade de espuma e a cor intensa do efluente. Paralelamente às metas de minimização de resíduos, emissões e custos, buscou-se implantar na companhia a filosofia da prevenção à poluição. Inicialmente foi feito um inventário dos recursos usados e dos desperdícios enviados tanto para a

unidade de tratamento como para a atmosfera, determinando-se teoricamente a composição qualitativa e quantitativa da água residual e das emissões gasosas, em função das propriedades físicas e das práticas operacionais. Medições posteriores confirmaram o cálculo teórico (FRESNER, 1998).

O balanço de massa e de custos foi inventariado, sendo definidos como entrada: matéria-prima (fibra), produtos auxiliares (goma, corante, adesivo, materiais de acabamento, acessórios, embalagem), energia (gás natural e eletricidade), água e ar; e como saída: produtos acabados, resíduos sólidos (fibras, fios, pasta), resíduos líquidos (água com sujeira, fibras curtas, gomas e corantes) e gases. A maior parte do fluxo de massa resultava do ar de secagem e da água de lavagem (FRESNER, 1998).

Foram avaliados os aspectos econômicos e ambientais das emissões, destacando-se no enfoque econômico a perda com produtos químicos e, no ambiental, o desperdício de água e emissões. Os fornecedores participaram do projeto de P+L, disponibilizando informações sobre composição de produtos, riscos ambientais e sugestão de dosagem de produtos. As principais fontes de DQO na água residual foram identificadas e eram sobras de fibras, gomas, óleos, pasta e banhos de acabamento. Cerca de 30% dessas sobras puderam ser evitadas com a limpeza a vácuo dos tecidos antes da lavagem, para eliminação de fibras e sujeira e com a remoção de fibras da água com uma peneira. Foram evitados banhos de pequeno volume ao se planejar melhor a produção, que passou a juntá-los para formar um banho único e usar a máquina uma só vez. Foi realizado treinamento de operadores para dosarem corretamente os produtos químicos ao longo do processo para evitarem desperdícios, e houve a instalação de um sistema de dosagem automático com investimento de US\$ 200 mil e retorno em dois anos. Outros componentes foram eliminados do banho porque sua ausência não afetou a qualidade do produto ou foram substituídos por outros menos voláteis. Banhos residuais de tingimento foram reutilizados em novos banhos e a utilização de corantes foi reduzida em 50% (FRESNER, 1998).

A pasta adesiva usada para colar as entretelas ao tecido na produção de jaquetas e que era desperdiçada durante o processo passou a ser recuperada por filtragem da pasta residual com uma peneira, gerando um benefício econômico de US\$ 100.000/ano (FRESNER, 1998).

Os resultados apontaram uma redução de 10% da água do processo com reuso da água de resfriamento; 20% de consumo da água evitados com melhor controle do processo; economia de água também com o princípio do contrafluxo (os tecidos eram lavados em duas etapas e a água limpa entrava na segunda, sendo a água residual usada em pré-lavagem na primeira etapa). A DQO da água residual decresceu 30% e caiu em 15% o consumo de gás nos secadores. As descargas ácidas foram reduzidas com melhor planejamento da produção e as remanescentes eram neutralizadas em tanque com

banho alcalino. A economia de energia elétrica foi obtida com inspeção nos sopradores, nos secadores e no sistema de ar-condicionado, e com a troca do sistema de iluminação por outro mais eficiente energeticamente. O desperdício de produtos perigosos foi reduzido em 60% com o aumento da vida útil dos óleos hidráulicos de 1 para 3 anos ao filtrá-los finamente com cartuchos de celulose (FRESNER, 1998).

Como pode ser observado, o foco principal de P+L na indústria têxtil associa-se aos processos de beneficiamento que envolvem água e produtos químicos. Para facilitar essa percepção, resumem-se na Tabela 1 os principais resultados dos trabalhos encontrados para implantação de P+L nessa etapa do processo têxtil.

**Tabela 1: Experiência internacional com P+L na etapa de beneficiamento têxtil**

Etapa do processo	País	Foco de P+L	Benefícios
Beneficiamento (desengomagem) de tecidos de nylon	Tailândia	Modificações no processo (consumo de água, produto químico, temperatura e tempo).	Redução de 50% dos custos, menor consumo de água e de energia, menor geração de efluentes.
Beneficiamento de tecidos de algodão	Turquia	<i>Housekeeping</i> e aquisição de trocadores de calor.	Amortização do investimento no primeiro ano, redução das emissões e do consumo de água, de energia e de produtos químicos.
Beneficiamento e confecção de tecidos de malha e lã	Áustria	Balanco de massa, investimento em filtros, treinamento, envolvimento dos fornecedores.	Redução do consumo de água, de gás e de energia, de DQO, de efluentes, de desperdícios, de corantes.
Beneficiamento de tecidos (estamparia)	Índia	Investimento em tecnologia, modificações no processo, substituição de produtos químicos.	Redução do surfactante no efluente, redução do consumo de água (30%) e de energia (50%).

Fonte: elaboração própria

Além dos casos descritos, podem ser encontrados outros exemplos internacionais de sucesso com implantação de práticas de prevenção à poluição na indústria têxtil nos sites:

- *Environmental Sustainability Resource Center*, disponível em <http://wrrc.p2pays.org/industry/indsectinfo.asp?INDSECT=19>
- *Cleaner Production International LLC*, disponível em <http://www.cleanerproduction.com/directory/sectors/subsectors/textiles.html>

## 4.2 No Brasil

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) dissemina e incentiva a adoção de medidas de Produção mais Limpa no Estado de São Paulo e disponibiliza em seu *site* casos de sucesso com implantação de P+L em empresas de diversos setores

produtivos. Na listagem do setor têxtil, por exemplo, encontram-se sete arquivos que apresentam os problemas enfrentados pelas empresas, as medidas adotadas segundo os conceitos de P+L e os benefícios alcançados. Das sete ocorrências, quatro referem-se à redução do consumo de água em lavanderias industriais, duas tratam de utilização de água de reuso e uma mostra a redução do uso de cromo na planta de galvanoplastia de fábrica de linhas de costura e zíperes (CETESB).

Os casos mostrados pelo CNTL para a área têxtil são referentes a cinco empresas de *design* e confecção que investiram para reduzir a quantidade e a disposição de aparas de tecido resultantes de cortes para modelagem.

A Rede Brasileira de Produção Mais Limpa disponibiliza apenas quatro casos de sucesso em seu *site*, mas que não são referentes ao setor têxtil. No entanto, apresenta o sistema simulador, que, com uma estrutura dinâmica, centraliza e facilita a administração dos dados gerados nas empresas que implantam a metodologia da P+L, informando a situação dos seus processos produtivos, produtos e serviços. O sistema ainda permite a simulação de soluções econômicas, ambientais, ocupacionais e tecnológicas. Também é utilizado para a validação dos estudos de viabilidade econômica dos investimentos planejados nas empresas. Atualmente, o sistema possui um total de 642 empresas cadastradas (285 reais e 357 fictícias, para fins de treinamento) e 951 usuários cadastrados, com apoio *online* durante o horário comercial (PmaisL).

O CEBDS editou cinco Guias Setoriais em Produção Mais Limpa, escritos de forma simples e direta sobre algumas das boas práticas em P+L. Os guias estão disponíveis para os setores de confecção, restaurante, marmoraria, agroindústria e moveleiro e contêm orientações aplicáveis, contribuindo para o aumento de competitividade e lucratividade das micro e pequenas empresas brasileiras. Com o apoio dos guias setoriais, os empreendedores têm acesso a dicas práticas, referências bibliográficas e soluções que gerem economia e redução de desperdícios para seus empreendimentos. Relatam exemplos extraídos de casos reais, nos quais a metodologia de P+L foi aplicada com sucesso (PmaisL).

Foram encontrados poucos artigos publicados em revistas brasileiras que versassem detalhadamente sobre o benefícios obtidos com implementação da ferramenta P+L em empresas do setor têxtil. Soares e colaboradores (2007) relataram o estudo de caso em uma empresa de estamparia onde foram realizados diagnósticos operacional e ambiental (fluxograma do processo, avaliação de *inputs* e *outputs* e avaliação de aspectos ambientais), identificação de oportunidades de melhoria, avaliação ambiental, priorização das oportunidades e implementação. O processo produtivo incluía as etapas de *design*, modelagem, corte, revelação, costura, estamparia e acabamento, e envolvia como principais *inputs* (entradas) tecido, energia, papel, fita adesiva, emulsão, pasta, água, cloro, pigmento, cola, aviamentos e removedor de manchas. Os *outputs* (saídas do

processo) identificados eram resíduos sólidos (papel, retalho, pasta), efluentes líquidos e calor residual. Foram propostas ações para solucionar os problemas identificados e minimizar os desperdícios.

Alguns autores estudaram P+L em grupos de empresas de confecção, como em Teresina/PI (BEZERRA; MONTEIRO, 2009) e em Petrópolis/RJ (COSTA, 2007). O objetivo de cada trabalho foi avaliar cada grupo sob o enfoque ambiental. Foram identificados e priorizados fatores condicionantes para os processos de inovação das atividades produtivas, bem como houve proposta de ações, medidas e modelos visando à implantação da produção mais limpa nas empresas (BEZERRA; MONTEIRO, 2009; COSTA, 2007).

Trabalhos de pós-graduação também avaliaram os resultados da implantação de P+L na indústria têxtil. Rubino (2007) apontou em sua dissertação as principais medidas adotadas para minimizar os resíduos gerados. Técnicas de *housekeeping* e incentivo ao reuso conduziram a medidas como sistema de informação da largura dos tecidos com redução de retrabalho, racionalização do corte do tecido, controle da produção e estoque guiados pelo setor de vendas, reprocessamento de tecido em estoque. Isso permitiu o monitoramento do que era desperdiçado, levando a ganhos econômicos e ambientais (RUBINO, 2007).

Beltrame (2000) realizou em seu curso de mestrado a caracterização de efluente têxtil de uma empresa de malharia, tinturaria e confecção de tecidos de poliéster/algodão. Realizou vinte coletas de efluente, analisando, quantitativamente, temperatura, pH, sulfetos, cloro, alcalinidade, cloretos, cianetos, fenóis, cor, DQO (demanda química de oxigênio), COT (carbono orgânico total), óleos e graxas, sólidos totais e metais pesados. Relacionou os resultados obtidos aos processos produtivos para identificar pontos críticos a serem atacados com base nos conceitos de produção limpa (BELTRAME, 2000).

## 5 Conclusão

O uso de produtos e processos de produção com maior responsabilidade ambiental constitui parte das novas estratégias utilizadas por empresas competitivas. Há limites quanto ao que o meio ambiente pode tolerar, e a sociedade precisa garantir que o crescimento atual não cause degradação que impeça o desenvolvimento futuro. Acordos internacionais, como o Protocolo de Quioto, por exemplo, pressionam o parque industrial a minimizar emissões de gases do efeito estufa. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos finalmente entrou em vigor em 2010 para promover a destinação correta de resíduos e incentivar a sua reciclagem.

A indústria têxtil precisa estar inserida no contexto ambiental de forma sustentável. O

trabalho pretendeu alertar esse segmento do mercado para a urgência de se buscar a minimização da geração de resíduos na fonte e a redução no consumo de água e de energia. A sugestão aqui proposta para alcançar tais objetivos foi através da implantação da ferramenta P+L, que inclui técnicas de prevenção à poluição e também práticas como reuso ou reciclagem.

A revisão bibliográfica referente ao conceito evidenciou que, nos anos que sucederam o lançamento internacional da ferramenta, houve um número mais significativo de iniciativas e trabalhos publicados do que nos últimos cinco anos. Apesar de relativamente recente, é uma alternativa para gestão ambiental comprovadamente eficaz e já utilizada com sucesso em vários países. Os estudos de caso apresentados mostraram ganhos obtidos com a eliminação de produtos químicos do processo, redução das emissões e efluentes gerados, melhor aproveitamento de cortes com diminuição de desperdícios e economia de insumos. O principal foco de estudo, no setor têxtil internacional, foi observado na área de beneficiamento de tecidos, em virtude do fato de utilizar grande volume de água, energia e produtos químicos nos processos de desengomagem, lavagem e estamparia, gerando um efluente significativo em termos de impactos ambientais.

No Brasil, apesar de existir uma estrutura administrativa montada para disseminação de P+L, composta pelo CNTL e pelos núcleos regionais, sabe-se que ainda existem muitas empresas com enfoque reativo e não proativo com relação à gestão ambiental. Dentre os exemplos brasileiros, verificou-se a importância da redução de resíduos sólidos nas empresas de confecção, onde se encontram retalhos de tecido, pó e artefatos com defeito de estamparia ou corte, que devem ser minimizados. É preciso continuar disseminando o conceito da P+L nos meios acadêmico e industrial, principalmente voltado para pequenas e médias organizações, a fim de que haja a compreensão e adoção da ferramenta como solução para problemas econômicos e ambientais.

## 6 Referências

BASTOS, A. **Curso de Engenharia de Produção com ênfase em tecnologias limpas**: uma contribuição para o incremento da produtividade nas organizações. Universidade Regional de Blumenau (FURB) – SC. Disponível em: <[http://home.furb.br/abastos/artigos\\_do\\_autor/3.pdf](http://home.furb.br/abastos/artigos_do_autor/3.pdf)>. Acesso em: 9 maio 2007.

BELTRAME, L. T. C. **Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento**. Natal, 2000. Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em engenharia química. Mestrado em engenharia química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

BEZERRA, F. F. N.; MONTEIRO, M. S. L. Sistema de gestão ambiental ou produção mais limpa? Estudo de caso nas indústrias de confecções com lavanderia, Teresina, Piauí. **REDE Revista Eletrônica do Prodema**, Fortaleza, v.3, n.1, p. 42-61, jun. 2009.

BRUNO, F. S; BRUNO, A. C. M. O papel do setor têxtil e de confecção brasileiro na liderança de um modelo sustentável de desenvolvimento. **Revista Produção Online**, v. 9, n. 2, p. 551-571, set. 2009. Disponível em: <<http://www.producaoonline.org.br/index.php/rpo/article/view/319/496>>.

Acesso em: 16 dez. 2010.

CEBDS. **Eco-eficiência**. Disponível em: <<http://www.cebds.org.br/cebds/eco-pmaisl.asp>>.

Acesso em: 16 maio 2010.

CECP. Disponível em <http://cleanerproduction.curtin.edu.au/>. Acesso em: 30 mar. 2007.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS SENAI (Brasil). Disponível em: [www.rs.senai.br/cntl](http://www.rs.senai.br/cntl). Acesso em: 5 mar. 2010.

CETESB. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao\\_limpa/casos.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/casos.asp)>.

Acesso em: 10 dez. 2010.

\_\_\_\_. **Notícia "CETESB apresenta, na FIESP, experiência de mais de dez anos em Produção Mais Limpa"**, de 14/9/05. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/noticentro/2005/09/14\\_fiesp.htm](http://www.cetesb.sp.gov.br/noticentro/2005/09/14_fiesp.htm). Acesso em: 27 maio 2007.

COSTA, M. I. L. **Avaliação ambiental de micro e pequenas empresas industriais do arranjo produtivo local têxtil-vestuário de Petrópolis**. Rio de Janeiro, 2007. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

EL-KHOLY, O. A. Cleaner production. Arabian Gulf University, Manama, Bahrain. **Encyclopedia of Global Environmental Change**. John Wiley & Sons, 2002. Disponível em:

<<http://eu.wiley.com/legacy/wileychi/egec/pdf/GB604-W.PDF>>. Acesso em: 20 abr. 2007.

FIRJAN. Disponível em:

<<http://www.firjan.org.br/data/pages/2C908CE9215B0DC401216A497DCB748A.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2010.

FRESNER, J. Starting continuous improvement with a cleaner production assessment in an Austrian textile mill. **Journal of Cleaner Production**, 6, p.85-91, 1998.

GEISER, K. Cleaner production perspectives 2: integrating CP into sustainability strategies. **UNEP Industry and Environment**, Jan.-Jun. 2001, p.33-36. Disponível em:

<http://www.uneptie.org/pc/cp/library/training/cdgpac/contents/screading1.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2007.

GOMBAULT, M.; VERSTEEGE, S. Cleaner production in SMEs through a partnership with (local) authorities: successes from the Netherlands. **Journal of Cleaner Production**, 7, p. 249-261, 1999.

HICKS, C.; DIETMAR, R. Improving cleaner production through the application of environmental management tools in China. **Journal of Cleaner Production**, 15, p. 395-408, 2007.

JOURNAL CLEAN TECHNOLOGIES AND ENVIRONMENTAL POLICY. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/>>. Acesso em: 5 dez. 2010.

JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION. Disponível em: <<http://www.environmental-expert.com/magazine/elsevier/jclepro>>. Acesso em: 2 dez. 2010.

KIRAN-CILIZ, N. Reduction in resource consumption by process modifications in cotton wet proceses. **Journal of Cleaner Production**, 11, p. 481-486, 2003.

KZAERHEIM, G. Cleaner production and sustainability. **Journal of Cleaner Production**, 13, p. 329-339, 2005.

NARAYANASWAMY, V.; SCOTT, J. Lessons from cleaner production experiences in Indian hosiery clusters. **Journal of Cleaner Production**, 9, p. 325-340, 2001.

PINO NETO, M. L. **Liderança para uma organização sustentável**: estudo de caso de Braskem. Mestrado Profissionalizante da Rede de Tecnologias Limpas (TECLIM), UFBA, 2005.

PmaisL. Disponível em <http://www.pmaisl.com.br>. Acesso em: 25 out. 2010.

\_\_\_\_\_. Disponível em: [http://www.pmaisl.com.br/publicacoes/relatorio\\_10anos.pdf](http://www.pmaisl.com.br/publicacoes/relatorio_10anos.pdf). Acesso em: 10 dez. 2010.

RIBEIRO, F. M. **A produção mais Limpa (P+L) no setor sucroalcooleiro** – informações gerais. Câmara Ambiental do Setor Sucroalcooleiro GT de P+L: mudanças tecnológicas – procedimentos. São Paulo: CETESB, 2002.

ROCHON, G. L.; NIES, L. F.; JAFVERT, C. T.; STUART, J. A.; MOHTAR, R. H.; QUANSAH, J.; MARTIN, A. Education in sustainable production in US universities. **Journal Clean Technologies and Environmental Policy**, 8, p.38-48, 2006.

RUBINO, F. F. **Implementação do Programa de Produção Mais Limpa em uma indústria têxtil**. Rio de Janeiro, 2007. Dissertação de Mestrado do Programa de Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, EQ/UFRJ.

SOARES, D. C.; SANTANA, I. A.; MAURÍCIO, P. P. A. P.; SANTOS, R. C. P.; PIMENTA, H. C. D. Produção mais limpa aplicada a uma micro-empresa do setor de estamparia têxtil. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2., 2007, João Pessoa.

STANISKIS, J.; ARBACIAUSICAS, V. Industrial ecology in university curriculum: new M.Sc. Programme in Environmental Management and Cleaner Production. **Journal Clean Technologies and Environmental Policy**, 5, p.92-94, 2003.

TANAPONGPIPAT, A.; KHAMMAN, C.; PRUKSATHORM, K.; HUNSOM, M. Process modification in the scouring process of textile industry. **Journal of Cleaner Production**, v.16, n. 1, p. 152-158, jan. 2008.

TECLIM. Disponível em: <<http://www.teclim.ufba.br/site/index.php>>. Acesso em: 11 out. 2009.

TEENET Thailand Energy and Environment Network – Asian Institute of Technology (TEENET-AIT); Databases on Cleaner Production. Disponível em: <<http://www.serd.ait.ac.th/teenet/cleaner.htm>>. Acesso em: 2 abr. 2007.

UNEP. Disponível em: <[http://www.uneptie.org/PC/cp/understanding\\_cp/home.htm](http://www.uneptie.org/PC/cp/understanding_cp/home.htm)>. Acesso em: 18 nov. 2010.

UNIP. Disponível em:

<<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/ptbr/site/historico.htm>>. Acesso em: 2 jun. 2010.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Disponível em: <[http://www.unb.br/temas/desenvolvimento\\_sust](http://www.unb.br/temas/desenvolvimento_sust)>. Acesso em: 5 maio 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA. **Ementas do Programa de Pós-Graduação em Produção Limpa da Universidade Federal da Bahia**. Disponível em: <<http://www.ufba.br>>. Acesso em: 25 abr. 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Disponível em: <[www.ufsc.br](http://www.ufsc.br)>. Acesso em: 3 mar. 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Disponível em: <[www.ufrgs.br](http://www.ufrgs.br)>. Acesso em: 3 mar. 2010.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Disponível em:

<<http://www.epa.gov/international/techasst/info/cpnetwork.html>>. Acesso em: 12 nov. 2007.

VANDERCASTEELE, C.; CANEGHEM, J. Cleaner production in the Flemish chemical industry.

**Journal Clean Technologies and Environmental Policy**, 9, p. 37-42, 2007.

VOTORANTIM. **Notícia "Declaração internacional de produção mais limpa: VCP é pioneira"**, de 08/11/05. Disponível em:

<[http://www.vcp.com.br/Generico/Press+Releases/2005/producao\\_limpa.htm](http://www.vcp.com.br/Generico/Press+Releases/2005/producao_limpa.htm)>. Acesso em: 24 maio 2007.

---

## **Currículo Resumido dos Autores**

### **Flávia Pinheiro Faria**

Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Polímeros na UFRJ (2010), Pós-graduada em Propriedade Intelectual pelo CEFET-RJ (2001), Mestre em Qualidade pela UNICAMP (1997), Engenheira Têxtil graduada pelo convênio UERJ/SENAI-CETIQT (1992). Atua como Pesquisadora em Propriedade Industrial no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) desde 1998, realizando buscas e exames de pedidos de patente nas áreas têxtil, de papel, de plástico e de madeira.

e-MAIL: [flaviapf@ima.ufrj.br](mailto:flaviapf@ima.ufrj.br)

<http://lattes.cnpq.br/2315059001273466>

### **Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco**

Pós-Doutorado no *Lawrence Berkeley National Laboratory*, Estados Unidos (2007/2008) na área de Gerenciamento Ambiental. Possui doutorado (1999) e mestrado (1993) em Ciência e Tecnologia de Polímeros pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Graduação em Química Industrial (1989) e em Engenharia Química (1986) pela Universidade Federal Fluminense. É professora da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tem experiência na área de tratamento e aproveitamento de resíduos sólidos poliméricos. Atua principalmente nos seguintes temas: reciclagem de plástico e borracha, impacto ambiental, gerenciamento de resíduos, coleta seletiva, análise do ciclo de vida e logística reversa.

e-MAIL: [elen@ima.ufrj.br](mailto:elen@ima.ufrj.br)

<http://lattes.cnpq.br/9542083518570573>