

Produção mais limpa (p+l) na indústria de fécula de mandioca: potencialidade de aplicação frente às tecnologias de fim-de-tubo

RESUMO

No processo para obtenção da fécula de mandioca são gerados resíduos sólidos e líquidos que, quando destinados de maneira inadequada, resultam na degradação ambiental. As indústrias, de forma geral, buscam minimizar seu potencial poluidor por meio do emprego de tecnologias de fim-de-tubo. Neste cenário, estratégias da Produção Mais Limpa (P+L) propõem reduzir a geração ou reaproveitar os resíduos, apresentando vantagem competitiva e a redução de custos na gestão ambiental. O objetivo deste trabalho foi realizar o diagnóstico de uma unidade industrial de fécula de mandioca quanto ao seu processo produtivo, com a finalidade de verificar oportunidades para aplicação de estratégias da Produção Mais Limpa. A metodologia proposta pelo CNTL (2003) para implantação da P+L foi utilizada dando enfoque no diagnóstico e na pré-avaliação da feclularia. Os resultados obtidos demonstraram oportunidades para aplicação como forma de redução e reaproveitamento internos, podendo obter vantagens competitivas e econômicas.

PALAVRAS-CHAVE: gerenciamento de resíduos; ecologia industrial; gestão ambiental.

Otávio Henrique da Silva

silva.oh@outlook.com

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Maringá, Brasil.

Murilo Keith Umada

umada.murilo@gmail.com

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Maringá, Brasil.

Juliana Paiola da Silva

jupaiola@gmail.com

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Maringá, Brasil.

José Luiz Miotto

miotto.jl@gmail.com

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Maringá, Brasil.

Generoso de Angelis Neto

ganeto@uem.br

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Maringá, Brasil.

INTRODUÇÃO

No processo de transformação das raízes de mandioca para a extração de fécula, são gerados diversos resíduos sólidos e líquidos. Esses resíduos, quando dispostos sem tratamento adequado, podem contribuir para a degradação ambiental, dando origem a custos sociais e a externalidades negativas das indústrias.

Nessa temática, as tecnologias empregadas para o tratamento, minimização e inertização dos efluentes e resíduos industriais caracterizam-se como tecnologias de fim-de-tubo (*End-of-pipe technologies*), as quais atuam visando remediar os efeitos dos poluentes pós-produção. Por outro lado, as estratégias da Produção Mais Limpa possuem enfoque no potencial de ganhos diretos no mesmo processo de produção e de ganhos indiretos pela eliminação de custos associados com o tratamento e disposição final dos resíduos (MELLO E NASCIMENTO, 2002).

A Produção Mais Limpa (PML ou P+L) (Cleaner Production) é definida como a aplicação continuada de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, produtos e serviços, com o objetivo de aumentar a eficiência ambiental e reduzir riscos para o homem e ao ambiente (*UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION – UNIDO*, 2001). Conforme Ministério do Meio Ambiente (2017), a evolução do conceito da P+L levou à ideia de "Produção e Consumo Sustentáveis" (PCS), que reúne as duas pontas do processo produtivo com impacto direto na sustentabilidade.

Coelho (2004) reporta que a diferença entre a gestão focada em tecnologias de fim-de-tubo e a Produção Mais Limpa (P+L) está no foco da problemática. Enquanto as tecnologias de fim-de-tubo visam atenuar a poluição ambiental, a P+L propõe uma visão integrada da empresa tentando atingir a causa do problema ambiental na avaliação do processo produtivo, considerando todos seus aspectos, como matéria-prima, energia, produtos, subprodutos, resíduos sólidos e líquidos, emissões, assim como as interações entre eles.

No entanto, La Grega (1994) ressalta que apesar das tecnologias de fim-de-tubo não focarem na identificação da causa do problema, estas também, em menor grau quando comparada às estratégias da P+L, contribuem para a redução da poluição.

Assim, o objetivo do presente estudo foi realizar um diagnóstico da situação atual do processo produtivo de uma indústria de fécula de mandioca, verificando potencialidades para a aplicação de estratégias da Produção Mais Limpa frente à tecnologia de fim-de-tubo.

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido em uma unidade industrial beneficiadora de fécula de mandioca localizada no noroeste do estado do Paraná. A capacidade nominal de processamento de mandioca *in natura* é de 400 toneladas dia⁻¹, com demanda média de água de 2.400 m³ dia⁻¹ e consumo médio de lenha de 3,06 m³ dia⁻¹. O sistema de tratamento de efluente da indústria é realizado por lagoas anaeróbias. Quanto aos resíduos sólidos, a empresa possui o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS, no qual os resíduos gerados são dispostos em aterro sanitário ou quando passível, são encaminhados para alimentação animal.

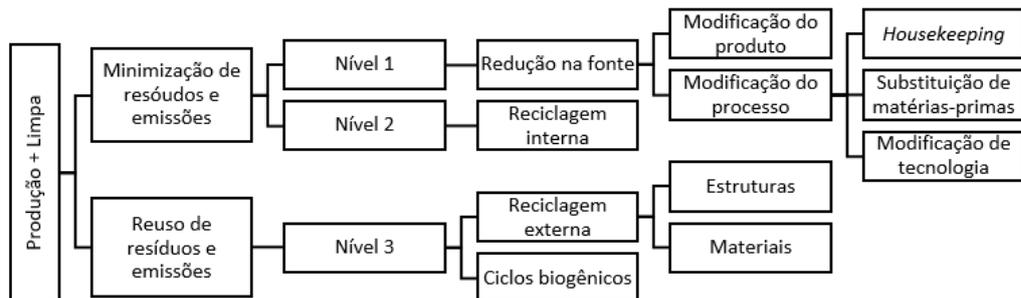
A metodologia adotada para este trabalho seguiu as recomendações do manual do Centro Nacional De Tecnologias Limpas – CNTL (2003) de implantação do programa de Produção Mais Limpa, o qual é dividido em 5 etapas, quais sejam: i) Planejamento e organização; ii) Diagnóstico e pré-avaliação; iii) Avaliação; iv) Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental e, v) Implantação e planos de continuidade.

Para verificar a potencialidade de aplicação da estratégia da P+L no processo produtivo, este estudo foi direcionado à Etapa 2, compreendendo o diagnóstico e pré-avaliação.

A segunda etapa consiste em levantar as características do processo produtivo, de forma a subsidiar a elaboração de um fluxograma. Por meio do fluxograma é possível verificar qualitativamente a entrada da matéria-prima, ou insumos, e as saídas dos subprodutos e resíduos do processo de produção. A partir da análise das entradas e saídas, procede-se à seleção do foco de avaliação de oportunidades de P+L.

Na Figura 1 é apresentado o organograma de Produção Mais Limpa em níveis de eficiência de P+L, conforme critérios que foram utilizados para este estudo.

Figura 1 – Organograma de Produção Mais Limpa (P+L)



Fonte: Adaptado de CNTL, 2003

Em que:

- Nível 1: São priorizadas medidas para resolver o problema diretamente na fonte e podem consistir em: modificações no produto, como no processo de produção, substituição de matérias-primas e/ou insumos tóxicos;

- Nível 2 (Reciclagem interna): quando não é possível evitar os resíduos com mecanismos classificados de Nível 1, podendo ser reintegrado ao próprio processo da produção, outro processo ou através da recuperação parcial de uma substância residual;

- Nível 3 (Reciclagem externa): utilizado quando é realizado por meio de reciclagem externa ou, ainda, através de uma reintegração ao ciclo biogênico (compostagem ou fertirrigação).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de obtenção da fécula de mandioca consiste das operações unitárias mecânicas, de massa e de calor, e pode ser dividida simplificadamente

em quatro etapas: limpeza, desintegração, purificação e desidratação. O fluxograma do processo unitário é apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma do processo produtivo de obtenção de fécula de mandioca da unidade fabril de estudo localizada no noroeste do Estado do Paraná



A etapa de limpeza das raízes de mandioca é realizada mecanicamente por um lavador-descascador. Após essa etapa as mandiocas são classificadas manualmente para a retirada de raízes com característica indesejadas e segue para a trituração. Na etapa de trituração, as mandiocas passam por um picador cilíndrico que fragmentam e padronizam a matéria-prima, permitindo maior eficiência nas etapas seguintes.

Após isso, a massa de mandioca segue para um alimentador-dosador que alimenta um moinho desintegrador conhecido como cevadeira. O material ralado na cevadeira segue então para centrífugas horizontais em série sendo introduzida continuamente e que, através de rotação, separam a fração líquida da fibra da mandioca.

Concomitantemente, é realizada a lavagem da massa com água limpa. A polpa residual é coletada e canalizada a silos de armazenagem, enquanto que o leite de fécula extraído alimenta, por meio de fluxo contínuo, um tanque agitador que direciona a solução de fécula a uma série de centrífugas que separa a fração sólida e a fração líquida, que é recirculada no processo.

A fração sólida centrifugada é encaminhada ao desidratador à vácuo, que filtra e o desidrata até uma umidade de 45%, que posteriormente é transportada a um secador pneumático de fluxo contínuo do tipo *Flash Dryer*. A separação do ar de secagem e da fécula desidratada e seca é realizada por ciclone e apresenta uma umidade variando entre 12 e 13%, na forma de pó, que segue para um silo onde será feito o resfriamento e estocagem temporária até o momento de ensacamento. O ensacamento e embalagem da fécula de mandioca são realizados automaticamente sem contato manual e posteriormente segue para o depósito ou expedição.

O foco da avaliação da P+L, neste trabalho, foi direcionado ao processo produtivo. A avaliação das entradas da matéria-prima e insumo e as saídas de resíduos e efluentes, que resultam no produto final, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Entrada e saídas do processo produtivo de extração de fécula de mandioca

Etapa do processo produtivo		Entrada		Saída		
		Insumo	Matéria-prima	Produtos	Resíduos e emissões	Subproduto
Lavagem e descascamento	Lavador	Água/Energia	Mandioca	Mandioca	Água residual de higienização, Casca	-
	Classificação	Energia	Mandioca	Mandioca	Cepas, casca	-
Desintegração	Picador	Energia	Mandioca	Mandioca	Água residual de higienização	-
	Dosador	Energia	Mandioca	Mandioca	Água residual de higienização	-
	Cevadeira	Água/Energia	Mandioca	Mistura de leite de fécula e fibras	Água residual de higienização	-
Extração	Centrífugas	Água/Energia	Mistura de leite de fécula e fibras	Leite de fécula	Água residual de higienização/ Efluente (manipueira)	Massa residual
	Tanque de leite diluído	Água/Energia	Leite de fécula	Leite de fécula	Água residual	-
	Centrífugas (série)	Água/Energia	Leite de fécula (refinado)	Leite de fécula (refinado)	Água residual de higienização/ Efluente (manipueira)	-
Concentração	Tanque de leite concentrado	Energia	Leite de fécula triplamente refinado	Leite de fécula triplamente refinado	Água residual de higienização	-
Secagem	Filtro	Energia	Leite de fécula triplamente refinado	Fécula desidratada	Água residual de higienização	-
	Secador	Biogás/Vapor/Lenha	Fécula desidratada	Fécula desidratada	Emissão de gases da caldeira/Cinzas da caldeira	-
Ensacamento	Silo	Energia	Fécula desidratada	Fécula desidratada	Água residual de higienização/ Resíduos de fécula	-
Expedição	Expedição	Energia	Fécula desidratada	Fécula embalada	Embalagens danificada, resíduos de fécula	-

Diante da análise do processo produtivo, dos insumos, das matérias-primas, dos resíduos e emissões, dos subprodutos gerados, identificou-se o tipo de tecnologia de tratamento adotada e as potencialidades quanto a aplicação de estratégia da P+L para o objeto de estudo. Os resultados da avaliação estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Tratamentos dos resíduos e emissões adotados pela indústria no processo e potencialidades quanto ao uso de Produção Mais Limpa (P+L)

Resíduos e emissões ou Subproduto	Tecnologia de fim-de-tubo adotado		Potencialidade de aplicação de estratégia P+L		
	Tratamento	Disposição final	Nível	Tipo	Ação
Água residual de higienização	Lagoa de tratamento	Corpo hídrico	1	Redução na fonte	Mudança nas condições operacionais
Efluente (manipueira)	Lagoa de tratamento	Corpo hídrico	2/3	Reciclagem interna ¹	Biofertilizante/fertirrigação

Cepas e casca	Armazenamento temporário	Alimentação animal	2/3	Reciclagem interna ¹ /Ciclo biogênico	Compostagem
Massa residual	Armazenamento temporário	Alimentação animal	1	Controle na fonte	Mudança nas condições operacionais
Cinzas da caldeira	Armazenamento temporário	Aterro sanitário	2/3	Ciclo biogênico	Reincorporação no solo/compostagem
Emissão de gases	-	Atmosfera	1	Modificação do processo	Modificação de tecnologia e manutenção de filtros
Resíduos de fécula	Armazenamento temporário	Aterro sanitário	2	Reciclagem interna ¹	Compostagem
Embalagens danificadas	Armazenamento temporário	Aterro sanitário	1	Controle na fonte	Mudança nas condições operacionais e Prevenção de perdas

Nota: ¹Reciclagem nas dependências da unidade industrial

Verifica-se que, quanto ao nível 1 de potencialidade de aplicação da P+L, trata-se de mudança nas condições operacionais como melhora, adequação ou manutenção preventiva das condições do maquinário.

Quanto ao nível 2, observa-se que o efluente é passível de reciclagem interna, com a utilização de biofertilizante. Contudo, ressalta-se que apesar do efluente (manipueira) apresentar princípios tóxicos, devido a sua composição química, quando recomendado em quantidades ideais ao tipo de cultura e de solo apresenta bons resultados em substituição aos adubos sintéticos, conforme trabalhos consultados de Aragão e Ponte (1995) e Ferreira et al. (2001).

Em nível 3 de potencialidade de aplicação, os resíduos do processo produtivo são de origem orgânica (cepas, casca, cinzas e resíduos de fécula), os quais podem ser reciclados internamente como a compostagem, podendo ser incorporados a outros tipos de resíduos vegetais agregando valor e que pode vir a ser comercializado como adubo orgânico.

Contudo, salienta-se que apesar de identificadas oportunidades de implantação de estratégias da P+L no processo produtivo de beneficiamento da fécula de mandioca, frente a tecnologias de fim-de-tubo, estudos das demais etapas da metodologia adotada devem ser realizados para o aprimoramento global da empresa.

CONCLUSÃO

Por meio da aplicação de uma estratégia da Produção Mais Limpa (P+L), observou-se que as modificações de práticas na indústria são viáveis no processo produtivo. Melhorias pontuais das operações unitárias dos equipamentos, assim como a reciclagem dos resíduos sólidos e líquidos, tornando-os em matéria-prima ou insumos para outros processos, são oportunidades substituição das tecnologias fim-de-tubo.

Desta forma, a utilização do modelo da P+L propicia a melhor utilização da matéria-prima e dos subprodutos, auxiliando em ganhos econômicos ou reduzindo custos com tratamento, podendo permitir a ocorrência de benefícios ambientais e vantagens competitivas.

Cleaner production (p + l) in the cassava industry: application potential in face of end-of-pipe technologies

Abstract

In the process of obtaining cassava starch, solid and liquid wastes are generated which, when improperly destined, result in environmental degradation. The industries, in general, seek to minimize their polluting potential through the use of end-of-pipe technologies. In this scenario, Cleaner Production (P + L) strategies propose to reduce generation or reuse waste, presenting a competitive advantage and reducing costs in environmental management. The objective of this work was to diagnose an industrial cassava starch unit in relation to its production process, in order to verify opportunities for the application of Cleaner Production strategies. The methodology proposed by the CNTL (2003) for implantation of P + L was used giving a focus on the diagnosis and pre-evaluation of starch production. The results obtained showed opportunities for application as a form of internal reduction and reuse, and can obtain competitive and economic advantages.

KEYWORDS: waste management; industrial ecology; environmental management.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, M. do L.; PONTE, J. J. da. O uso da manípueira – extrato líquido das raízes de mandioca – como adubo foliar. **Ciência Agrônômica**, v. 26, n. 1/2, 1995.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS - CNTL. **Implementação de programas de produção mais limpa**. Porto Alegre: SENAI, 2003.

COELHO, A. C. D. **Avaliação da aplicação da metodologia de Produção Mais Limpa UNIDO/NUEP no setor de saneamento – Estudo de caso: Embasa S.A.** 2004. 207 f. Dissertação (Mestrado profissional em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo produtivo) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, 2004.

FERREIRA, W. de A.; BOTELHO, S. M.; CARDOSO, E. M. R.; POLTRONIERI, M. C. **Manípueira: um adubo orgânico em potencial**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001.

LA GREGA, M. D.; BUCKINGHAM, P. L.; EVANS, J. C. **The environmental resources management group: Harzadous Waste Management**. Singapore: McGraw-Hill, 1994. 1146 p.

MELLO, M. C. A. de; NASCIMENTO, L. F. Produção Mais Limpas: um impulso para a inovação e a obtenção de vantagens competitivas. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Do conceito de P+L para o conceito de PCS**. 2017. Disponível em: <mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/do-conceito-de-pl-para-o-conceito-de-pcs> Acesso em 10 maio 2017.

SCHRIPPE, P.; BORTOLOTTI, S. L. V.; POSSAN, E. Estudo da viabilidade técnico-econômica da recuperação de fécula em uma fecularia de mandioca. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 32., 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves, 2012.

UNIDO - UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. **Cleaner production toolkit**. Introduction into cleaner production. Volume 1. 2001.

Recebido: 14/09/2017

Aprovado: 10/05/2018

DOI: 0.3895/recit.v9i23.7062

Como citar: UMADA, M. K.; SILVA, O. H.; SILVA, J. P.; UMADA, M. M.; MIOTTO, J. L.. Produção mais limpa (p+l) na indústria de fécula de mandioca: potencialidade de aplicação frente às tecnologias de fim-de-tubo. R. Eletr. Cient. Inov. Tecnol, Medianeira, v. 01, n. 01, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/recit/>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Lizandra Alvares Félix Barros

Rua Cardeal Arcoverde, 495, Jd. Seminário, Campo Grande, MS.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

