

TRATAMENTO DE EFLUENTES RESULTANTES DO PROCESSAMENTO DA MANDIOCA E SEUS PRINCIPAIS USOS

**EFFLUENT TREATMENT RESULTING FROM THE PROCESSING OF CASSAVA AND
ITS MAIN USES**

**TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES RESULTANTES DE LA TRANSFORMACIÓN
DE LA YUCA Y SUS PRINCIPALES USOS**

Aparecido Almeida Conceição

cido1991@hotmail.com

Angra Paula Bonfim Rêgo

angra_s2@hotmail.com

Hugo Santana

hsantana03@gmail.com

Ingrid Teixeira

ingridteixeiraa@gmail.com

Amanda Gilvani Cordeiro Matias

amathias.ufba@gmail.com

RESUMO

A mandioca, *Manihot esculenta* Crantz, é uma das maiores fontes de energia na dieta humana e de animais domésticos na maioria dos países tropicais, e seu consumo no Brasil é bastante difundido. O seu processamento gera a manipueira, um resíduo tóxico que muitas vezes é descartado em locais inadequados. Este resíduo, no entanto, apresenta um grande potencial para geração de produtos comerciáveis como o bioetanol, biogás e biofertilizante. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é abordar os impactos ambientais causados pela manipueira, os processos de tratamento e alternativas para sua utilização de forma sustentável.

Palavra-chave: Manipueira, biorremediação, efluentes, mandioca.

ABSTRACT

Cassava, *Manihot esculenta* Crantz, is a major source of energy in the human diet and livestock in most tropical countries, and their consumption is widespread in Brazil. Its processing produces the manipueira, a toxic wastewater which is often discarded in inappropriate places. However, this residue has a great potential for generation of marketable products such as bioethanol, biogas and biofertilizer. Thus, the aim of this work is to address the environmental impacts caused by manipueira, treatment processes and alternatives to its use sustainably.

Key words: Manipueira, Bioremediation. Waste. Cassava.

RESUMEN

La yuca, *Manihot esculenta* Crantz, es una de las mayores fuentes de energía en la dieta de los seres humanos y de los animales domésticos en la mayoría de los países tropicales, y su consumo en Brasil es bastante difundido. Su procesamiento genera la “manipueira” que es el residuo tóxico que, muchas veces, es desechado en lugares inapropiados. Este residuo, sin embargo, presenta un gran potencial para la generación de productos comercializables como por ejemplo, el bioetanol, biogás y biofertilizante. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es abordar los impactos ambientales causados por la “manipueira”, los procesos de tratamiento y alternativas para su utilización de forma sostenible.

Palavra-chave: Manipueira, biorremediación, efluentes, yuca.

INTRODUÇÃO

A mandioca, *Manihot esculenta* Crantz, é uma das maiores fontes de energia na dieta humana e de animais domésticos na maioria dos países tropicais, e seu consumo no Brasil é bastante difundido. A mandioca é cultivada em todos os estados do país e apresenta grande importância na alimentação humana e animal, além de ser utilizada como matéria-prima em inúmeros produtos industriais (CARDOSO, 2005).

As regiões Norte e Nordeste destacam-se como as principais consumidoras, sendo a produção essencialmente utilizada na dieta humana na forma de farinha. Dentre as vantagens da cultura de mandioca, ressaltam-se a tolerância à seca, a alta produtividade e a fácil adaptação a ambientes diversos (ASPIAZÚ, 2009).

Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a produção nacional de mandioca em 2011 foi cerca de 27.116.958 toneladas de raízes, sendo elas processadas para a produção principalmente de farinha e fécula. Entretanto, neste processo é gerada uma grande quantidade de um resíduo líquido denominado manipueira, que é resultante da prensagem da mandioca (BRASIL, 2011). A cada tonelada

TRATAMENTO DE EFLUENTES RESULTANTES DO PROCESSAMENTO DA MANDIOCA E SEUS PRINCIPAIS USOS

de raízes processadas são gerados, aproximadamente, 300 litros de manipueira (FIORETTO, 1994). Este resíduo líquido apresenta elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em seu tratamento e é considerada como um meio propício para a proliferação de microrganismos em função de sua composição, que inclui carbono, sais, nitrogênio e fósforo, conforme Efig, (1991) apud Borghetti (2009).

A grande quantidade de matéria orgânica em suspensão e a toxicidade decorrente da presença do ácido cianídrico resultam tóxicos para peixes e plantas (CEREDA, 2001).

Os resíduos da produção de farinha são reaproveitados na agricultura como herbicidas e inseticidas, na produção de biogás e bioetanol, entre outras aplicações (BARANA, 2008). Mesmo com as alternativas para o reaproveitamento deste efluente, a solução mais comum é o depósito em lagoas de decantação, pois se trata de uma alternativa barata e que dispensa a utilização de mão-de-obra especializada. No entanto isto permite que os resíduos alcancem os lençóis freáticos, contaminando aquíferos e ainda gerando odor desagradável e problemas com insetos vetores.

Atualmente, as alternativas para a valorização de resíduos agroindustriais por meio do seu aproveitamento tem sido muito incentivadas uma vez que podem contribuir para a redução da poluição ambiental, bem como permitir a valorização econômica desses resíduos tornando-os um subproduto e, deste modo, agregando valor ao processo de agroindustrialização (CAMILI, 2007).

Diante disso, o presente artigo de revisão teve por objetivo abordar os impactos ambientais causados pelo resíduo da produção de farinha de mandioca, os processos de tratamento da manipueira e as alternativas para sua utilização de forma sustentável.

METODOLOGIA

O trabalho trata de um estudo de revisão da literatura *online* e utiliza os seguintes sites de indexação de periódicos científicos: PubMed, Periódicos CAPES e revista SciELO,

visando selecionar estudos referentes a manipueira, seu potencial de uso e poluição ambiental.

MANIPUEIRA

O efluente da produção de mandioca tem como principal componente a manipueira, resíduo líquido de aspecto leitoso resultante da prensagem desse tubérculo. Contém elevada concentração de matéria orgânica, principalmente, de amido, glicose e outros açúcares, proteínas, linamarina e derivados cianogênicos, sais minerais e substâncias orgânicas tóxicas, como o cianeto (FARIAS *et al.*, 2005).

A preocupação com o resíduo manipueira é relevante uma vez que a cada tonelada de raiz processada tem-se uma geração de 267 a 419 litros deste resíduo. O cianeto presente na manipueira causa impacto negativo ao meio ambiente e riscos a saúde pública pela sua toxicidade, em especial quando esse efluente é lançado diretamente nos recursos hídricos (CEREDA, 2001).

Atualmente, as alternativas de reutilização da manipueira têm sido incentivadas, pois pode contribuir para a redução da poluição ambiental bem como permitir a valorização econômica desse resíduo. A manipueira pode ser utilizada na alimentação animal (ALMEIDA, *et al.*, 2009), na produção de biofertilizantes e no controle de pragas e insetos (CARDOSO, 2005). Possui potencial para produção de biogás (SANTOS, *et al.*, 2010) e para a produção de etanol, entre outras aplicações (CAMILI e CABELLO, 2007; CABELLO, 2005; SUMAN *et al.*, 2011).

POTENCIAL TÓXICO DA MANIPUEIRA

Os efluentes resultantes do processamento da mandioca apresentam um potencial tóxico devido à presença de cianeto livre (CN-) e na forma molecular que se

Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade | vol.4 n.2 | jul/dez 2013

TRATAMENTO DE EFLUENTES RESULTANTES DO PROCESSAMENTO DA MANDIOCA E SEUS PRINCIPAIS USOS

acumulam nas folhas e raízes da planta. Na forma molecular pode ser encontrado sob a constituição de dois glicosídeos denominados linamarina e lotaustralina, sendo o primeiro mais abundante na composição da mandioca (LIED, 2012).

Quando o tecido vegetal é dilacerado, a linamarina é hidrolisada pela linamarase, resultando em glicose e hidroxinitrila. A hidroxinitrila quando catalisada por uma liase, transforma-se em HCN (ácido cianídrico) e nas cetonas correspondentes (CEREDA, 2001). Embora essa reação possa não ocorrer na planta, enzimas presentes no trato digestivo dos animais e humanos possuem a capacidade de efetivá-la, o que pode levar a sintomas de intoxicação dependendo da quantidade ingerida. Devido a isto a manipueira não pode ser utilizada diretamente para alimentação (CAGNON *et al.*, 2002).

Outro problema decorrente do lançamento de resíduos sem tratamento em sistemas aquáticos é o seu aumento da carga orgânica. Isto diminui a concentração de oxigênio dissolvido na água, o que coloca em risco o ecossistema aquático (SPERLING, 2005). Porém, a mesma carga orgânica que é responsável pela toxicidade em leitos aquíferos também apresenta potencial para geração de produtos fermentados, possibilitando utilização do subproduto descartado.

O aproveitamento desse resíduo tem como principais empecilhos a inexistência de estruturas na própria casa de farinha, grande volume de manipueira gerado e o desconhecimento do seu potencial de uso pelos trabalhadores. É comum esse efluente ser lançado diretamente em lagos e lagoas no ambiente circundante às casas de farinha. (SANTOS, 2008).

TRATAMENTO DE EFLUENTES

O tratamento de águas residuais é uma combinação de processos físicos, químicos e biológicos. As operações físicas consistem em operações de separação, mistura, coagulação/floculação. Os processos químicos são aqueles em que a remoção de contaminantes ocorre via atividade química. Exemplos comuns dessa categoria são: a precipitação química, a transferência gasosa, a adsorção, a troca iônica e a eletrodialise. Os processos biológicos, por sua vez, são representados pelos métodos em que o

tratamento de resíduos e contaminantes se desenvolvem por atividade biológica de bactérias, fungos filamentosos, leveduras e protozoários (LIMA, 2010). A utilização dos métodos biológicos demonstram ser mais adequados por possibilitarem a utilização da manipueira para obtenção de produtos comerciáveis ou menos destrutivo ao meio ambiente. Sendo assim, a biorremediação e a fermentação se mostram como dois métodos atraentes para o tratamento efetivo da manipueira.

BIORREMEDIAÇÃO

A biorremediação é o processo de tratamento que utiliza microrganismos que ocorrem naturalmente ou não no local contaminado para degradar substâncias potencialmente tóxicas, reduzindo-as a substâncias menos ou não tóxicas (GAYLARDE et al., 2005). Esta prática é utilizada desde as primeiras civilizações que, mesmo sem o conhecimento adequado, utilizaram microrganismos para a destruição de compostos perigosos de uso doméstico, agrícola e industrial, com conversão desses compostos a dióxido de carbono, água e biomassa. (LITCHFIELD, 2005).

O tratamento biológico fundamenta-se na utilização de compostos poluentes como substrato para o crescimento e manutenção de microrganismo. Os microrganismos podem ser encontrados no próprio ambiente impactado e são, na maioria das vezes, os responsáveis pela biorremediação de contaminantes na natureza (OLIVEIRA; SOUSA, 2003).

Boa parte dos estudos de biorremediação utilizavam bactérias pela facilidade que ofereciam para estudar suas vias metabólicas e utilizar construções genéticas que permitam degradar especificadamente determinados compostos contaminantes. Atualmente, uma gama de outros microrganismos como: fungos filamentosos, basidiomicetos, leveduras ou ainda o consórcio de microrganismos, são especializados em degradar ou tolerar diversos compostos presentes no efluente contaminado. (SALVI, 2011).

TRATAMENTO DE EFLUENTES RESULTANTES DO PROCESSAMENTO DA MANDIOCA E SEUS PRINCIPAIS USOS

A utilização de consórcios microbianos tem sido investigada para reduzir o tempo de degradação aeróbia de substâncias presentes em efluentes por ação de espécies que atuam em sinergismo. A eficiência desta técnica depende da concentração de poluentes, da disponibilidade de fontes de carbono, da temperatura e do pH. (ABRAHAM, *et al.*, 2008 *apud* LIMA, 2010).

A biodegradação ainda pode ser acelerada utilizando-se técnicas de bioestimulação e bioaugmentação. Na primeira, nutrientes são adicionados ao meio e as condições ambientes são otimizadas, visando o desenvolvimento de populações nativas de microrganismos. Na bioaugmentação são adicionados microrganismos com conhecida capacidade metabólica, que sejam capazes de degradar poluentes específicos e que tenham competência metabólica de competir com a microbiota natural (LIMA, 2010).

A degradação do substrato (manipueira) por fungos ou bactérias leva à geração de novos compostos entre eles o gás metano, etanol e outras substâncias voláteis. Tais compostos podem ser utilizados para geração de produtos e processos sustentáveis como o biogás, biofertilizantes e bioetanol.

BIOGÁS

A produção de biogás a partir de manipueira é bem vista por alguns autores, uma vez que o líquido provindo da produção de farinha e fécula é rico em materiais orgânicos em que alguns microrganismos anaeróbicos conseguem converter em gás inflamável (metano). Na publicação de Santos *et al.*, (2011) a produção de biogás se dá por meio de tratamento da manipueira em Reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA), visando a decomposição anaeróbica do substrato em três etapas para produção de metano. Os resultados obtidos demonstraram a aplicabilidade do sistema de reator RAFA na produção de biogás utilizando a manipueira como substrato. Melhorias em novos modelos de reatores tem sido analisadas, como o reator de fase única utilizado por Kuczman *et al.*, (2010) na qual são obtidos bons resultados e também ocorre a diminuição de custo na produção do reator de fase única. A produção de biogás além de diminuir a poluição com

o descarte do resíduo ainda permite a utilização do mesmo diminuindo o uso de outros combustíveis com lenha e gás butano comercial (KUCZMAN, 2010 *apud* SANTOS *et. al*, 2011).

BIOFERTILIZANTES

A manipueira é rica em macro e micronutrientes como: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco e manganês e pode ser utilizada como um potencial fertilizante. Em um trabalho realizado por Santos *et al.*, (2010), foi possível aumentar a massa fresca de folhas e raízes de alface utilizando concentrações ajustadas de manipueira, demonstrando o potencial fertilizante deste resíduo. Cardoso (2005), por sua vez, conseguiu aumentar a vigorosidade do milho com a utilização da manipueira. Foi observado o crescimento de frutos mais saudáveis e plantas com maior crescimento e massa verde devido ao fornecimento de fósforo e potássio presente no resíduo.

BIOETANOL

O aproveitamento da manipueira como subproduto para a obtenção de etanol se deve ao processo de hidrólise e sacarificação do amido presente para a obtenção de glicose. O açúcar que se encontra no mosto é utilizado pela levedura para a produção de etanol e gás carbônico (SUMAN, *et al.*, 2011). Em trabalhos nos quais foram utilizados a manipueira tratada com hidrólise enzimática e sacarificação, foi possível se obter etanol em escala de bancada. (CAMILI; CABELLO, 2007).

TRATAMENTO DE EFLUENTES RESULTANTES DO PROCESSAMENTO DA MANDIOCA E SEUS PRINCIPAIS USOS

Em Pernambuco será montada a primeira usina para produzir bioetanol, biogás e biofertilizante utilizando a manipueira. O Bioetanol gerado será destinado a instituições de pesquisa em Pernambuco, que após certificado pela Agência Nacional de Petróleo e Biocombustíveis (ANP) será liberado a sua utilização em veículos. O biogás será utilizado para suprir as necessidades energéticas da usina. A água residual será utilizada como biofertilizante. (MARQUES, 2012).

A utilização da manipueira como geradora de produtos demonstra a importância do seu reaproveitamento tanto pela obtenção de novos produtos como pela não descarte em locais inadequados da mesma.

CASO PARTICULAR

Um caso particular da utilização da mandioca e produção do resíduo de manipueira pode ser visto no município de Vitória da Conquista – BA.

A região Sudoeste do Estado da Bahia aglomera uma produção significativa de mandioca, o que diretamente incide também na cultura e na manutenção do empreendimento denominado Casa de Farinha na região. Além da farinha tradicional, essas unidades agroindustriais respondem também pela matéria-prima utilizada em outras cadeias produtivas, como é o caso da goma e da tapioca que são utilizadas na fabricação de biscoito. (SEAB, 1998 *apud* SOARES, 2007).

A Coopasub - Cooperativa dos Pequenos Agricultores da Região Sudoeste da Bahia, em Vitória da Conquista, tem na manipueira um dos graves problemas da cadeia produtiva da mandioca a ser resolvido.

Nos núcleos da Coopasub, notadamente nos bairros de Campinhos e Simão em Vitória da Conquista, a falta de tratamento adequado da manipueira tem restringido a atividade econômica por impor limites físicos de espaço destinado à industrialização, uma vez que em determinadas épocas do ano muitos produtores de farinha têm que reduzir

suas atividades pela impossibilidade de descarte destes resíduos nas proximidades das casas de farinha. (SANTOS, 2010).

O descarte da manipueira sem nenhum tipo de tratamento leva à poluição de uma das poucas fontes de água da região, a bacia do rio Santa Rita, e torna o local de produção insalubre pela exposição. A capacidade de depuração do rio não é capaz de dar conta da poluição provocada pela manipueira. (SANTOS, 2010).

As alternativas que ocorrem em Pernambuco para reutilização da manipueira poderiam ser implantadas no caso de Vitória da Conquista, mas ainda é necessário reeducar a população e os produtores de farinha, demonstrando o potencial e as vantagens do tratamento do resíduo orgânico.

CONCLUSÃO

A manipueira é um resíduo agroindustrial que apresenta grande toxicidade e causa diversos problemas ambientais. Entretanto, este subproduto da mandioca é rico em nutrientes e apresenta grande potencial para utilização em diversas áreas, possuindo assim um bom potencial econômico. A reutilização deste resíduo pelos produtores de derivados da mandioca pode ser uma alternativa economicamente viável para se reduzir o descarte inadequado desse resíduo no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S.R.M.; SILVA, A.M.; LIMA, J.P.; ALMEIDA, M.M.; ZACHARIAS, F.; REGIS, U.O. **Avaliação do Potencial nutritivo da Manipueira na dieta de ovinos deslançados.** Rev. Bras. De Agroecologia. Vol. 4 No. 2, 2009.

ASPIAZÚ, I.; A interferência de plantas daninhas em características fisiológicas e produtivas de plantas de mandioca. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2009.

TRATAMENTO DE EFLUENTES RESULTANTES DO PROCESSAMENTO DA MANDIOCA E SEUS PRINCIPAIS USOS

BARANA, A.C.; **Despoluição da manipueira e uso em fertilização do solo.** In.: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE MANIPUEIRA. Anais...Vitória da Conquista, Bahia. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2008.

BORGHETT, I. A. **Avaliação do crescimento da microalga *chlorella inutissima* em meio de cultura com diferentes concentrações de manipueira.** 2009. 97 f. Dissertação. Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

BRASIL. **Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. indicadores IBGE. Estatística da Produção Agrícola. 2011. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores.pdf> : Acesso em: abr. 2013.

CABELLO, C. **Produção de álcool da mandioca.** Botucatu, 2005. 3p.

CAGNON, J.R.; CEREDA, M.P.; PANTAROTTO, S. **Cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas.** Fundação Cargill, São Paulo, 2002.

CAMILI, E.A.; CABELLO, C. **Produção de etanol de manipueira tratada com processo de flotação.** São Paulo, 2007.

CARDOSO, E. **Uso de manipueira como biofertilizante no cultivo do milho: avaliação do efeito no solo, nas águas subterrâneas e na produtividade do milho.** Criciúma – SC, 53p. Dissertação (mestrado) – Universidade do Extremo Sul Catarinense. 2005.

CEREDA, M.P. **Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca: manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca.** Fundação Cargill, São Paulo, 2001.

FARIAS, A. R. N.; FERREIRA, J. R.; MATTOS, P. L. P. **Manipueira e plantas armadilhas no controle de formigas cortadeiras na cultura da mandioca.** 2005.

FIORRETO, R.A.; **Manipueira na fertirrigação: efeito sobre a germinação e produção de algodão e milho.** Semina, Londrina, 1994.

Amanda Gilvani Cordeiro Matias, Angra Paula Bonfim Rêgo, Hugo Santana, Ingrid Teixeira e Aparecido Almeida Conceição

GAYLARDE, C. C.; BELLINASSO, M. L.; MANFIO, G. P. Biorremediação – Aspectos biológicos e técnicos da biorremediação de xenobióticos. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*. n.34, p.36-43, janeiro-junho, 2005.

LIED, E.B. **Tratamento de efluente industrial de fecularia utilizando macrófita aquática *Eichhornia crassipes* e coagulante natural**. Dissertação de mestrado. Toledo, PR, 2012.

LITCHFIELD, C. **Thirty Years and Counting: Bioremediation in Its Prime?** *Rev. BioScience*, 2005.

LIMA, R.A. **Tratamento de efluentes líquidos de unidades produtoras de farinha de mandioca**. Dissertação. Mestrado em desenvolvimento de processos ambientais. Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2010.

MARQUES, S. **Pernambuco ganha usina que vai produzir álcool, energia e fertilizantes à base de manipueira**. Disponível em: <<http://blogs.ne10.uol.com.br/peinvestimento/2012/03/28/pernambuco-ganha-a-primeira-usina-do-brasil-que-vai-produzir-alcool-energia-e-fertilizantes-a-base-de-manipueira-residuo-da-mandioca>>. Acesso em: 03 de Março de 2013.

OLIVEIRA, J.R.; SOUZA, R.R. **Biodegradação de efluentes contendo corantes utilizados na indústria têxtil**. Anais Rio de Janeiro: ABES. Aracajú, 2003.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2005.

SALVI, M.B. **Fungos basidiomicetos em biorremediação**. Pós-graduação, Instituto Botânico de São Paulo-IBt. São Paulo, 2011.

SANTOS, A. **Possibilidades e Perspectivas para a sustentabilidade de cultivo da mandioca**. 2010.

SANTOS, A. **Usos e impactos ambientais causados pela manipueira na microrregião Sudoeste da Bahia-Brasil**. Tese em Planificación Territorial e Gestión Ambiental da Universidade de Barcelona, 2008.

TRATAMENTO DE EFLUENTES RESULTANTES DO PROCESSAMENTO DA MANDIOCA E SEUS PRINCIPAIS USOS

SANTOS, M. B. et.al. **Avaliação da produção de biogás e redução de DBO₅ através do tratamento de manipueira em reator UASB.** Disponível em:<<http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEDI> 2011/paper/viewFile/1137/71>. Acesso em: 02 fevereiro 2013.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO – SEAB, SPERLING, M V.. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – 2005.**

SOARES, M.O.S. **Sistema de Produção em Casas de Farinha:** Uma leitura descritiva na Comunidade de Campinhos – Vitória da Conquista(BA). 2007. 115 f. Dissertação. Universidade de Santa Cruz-UESC. Ilhéus.

SUMAN, P.A.; URBANO, L.H.; LEONEL, M.; MISCHAN, M.M. **Efeitos de parâmetros de fermentação na produção de etanol a partir de resíduo líquido da industrialização da mandioca (manipueira).** Revista: Acta Scientiarum. Technology. Maringá, 2011.