

Desdobramento do amido em glicose para identificar água residuária de indústria de mandioca no perfil do solo

Frederico Fonseca da Silva, Altair Bertonha*, Paulo Sérgio Lourenço Freitas, Antônio Saraiva Muniz, Roberto Rezende, Antonio Carlos Andrade Gonçalves, Leonides Labegalini e Valdemar Sanches Crosariollo Neto

Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá. Avenida Colombo 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

*Autor para correspondência. E-mail: abertonha@uem.br

RESUMO: Este trabalho foi realizado no Centro Técnico de irrigação da Universidade Estadual de Maringá, com o objetivo de avaliar a capacidade filtrante, para água residuária, das colunas de solo composto de 83% de areia, 1% de silte e 16% de argila. Foram utilizadas seis colunas com secção transversal de 0,20 m de diâmetro (área superficial de 0,031 m²) por 0,50 m de altura (volume total de 0,015 m³). Procurou-se quantificar, pelo método da hidrólise ácida do amido os teores de açúcares solúveis no percolado. Concluiu-se que o amido contido na água residuária de feculária de mandioca, quando aplicado na coluna de solo, ficou totalmente retido, percolando apenas água e açúcares já hidrolisados. A concentração de cianeto e as taxas de DBO e DQO da água residuária percolada, mesmo sofrendo diminuição quando comparadas com o efluente bruto aplicado, encontraram-se acima dos valores máximo permitidos pela legislação ambiental, para serem aplicados ao solo e 87,07% de todos os sólidos presentes na água residuária de feculária de mandioca são matéria orgânica, o que justifica a sua elevada DBO (e/ou DQO).

Palavras-chave: água residuária, coluna de solo, DBO, DQO.

ABSTRACT. Fragment of starch to glucose to identify waste water from manioc industry in depth of soil. This paper was carried out in the Irrigation Technical Center of Universidade Estadual de Maringá. It aimed to evaluate filter capacity to waste water of the compound soil columns with 83% of sand, 1% of silt and 16% of clay. Six columns were utilized with 0.20 m of diameter (superficial area of 0.031 m²) by 0.50 m of high (total volume of 0.015 m³). The presence of starch was identified in the percolated grass effluent of the columns and, by the acid starch hydrolysis method the present soluble sugar content was quantified in the same percolated effluent, after columns saturation. It was possible to conclude that the starch from waste water was totality retained into the soil columns, percolating only hydrolyzed sugar and water. Results also showed that the concentration of cyanide and the DBO and DQO rates from percolated waste water were over the maximum rate permitted by Environmental Law to be used in the soil; 87.07% of all present solids in the waste water of manioc starch are organic matter and that justifies its high DBO (and/or DQO).

Key words: waste water, soil columns, DBO, DQO.

Introdução

O Estado do Paraná caracteriza-se por ser um dos maiores produtores de raiz de mandioca do país, colhendo no ano safra de 2000/2001 a quantidade recorde de 4.437.000 t e ocupando no ranking brasileiro, nessa safra, a primeira posição. Dentro desse contexto, é o Estado que alcança a segunda maior produtividade nessa cultura (21.129 kg ha⁻¹) e a 8ª posição em produção de raiz. A produção está concentrada nas regiões Noroeste, Centro Oeste e

Oeste. Esta última é a mais expressiva em termos de produtividade, alcançando acima de 25.000 kg ha⁻¹ de raiz. As produções regionais nos municípios de Paranavaí, Umuarama, Campo Mourão, Cianorte e Toledo, respondem por cerca de 65% da produção estadual de raiz de mandioca (Groxko, 2001).

Neste Estado, estão instaladas 41 indústrias com capacidade de produzir 577.640 T ano⁻¹ de fécula de mandioca, produzindo no ano safra de 2000/2001, 396.270 T (ABAM, 2001).

Considerando que em uma fecularia são gerados 2,4 m³ de efluente por tonelada de raiz processada, produziu-se no Estado do Paraná, durante a safra de 2000/2001, 10.648.800 m³ de efluente.

Sobrinho (1975) afirmou que devido à elevada carga orgânica e compostos poluentes contidos no efluente industrial de fecularia, mesmo diluído quando comparado com a manipueira das farinhas, o esgotamento dessa água residual, pode trazer sérios problemas de poluição ambiental. Patza *et al.* (1983) também reconheceram a elevada carga orgânica e não visualizavam, à época, aproveitamento econômico do efluente de mandioca, razão pela qual apresentaram preocupação apenas quanto a forma de adequá-lo aos padrões ambientais vigentes e, só assim, despejá-lo. Dessa forma, acreditava-se que “uma das alternativas mais promissoras de tratamento de vinhoto tem sido a digestão anaeróbica pelo reator de leito de lodo com fluxo ascendente e pelo filtro anaeróbico. Apesar das elevadas eficiências nesses tratamentos, caso o lançamento final seja em rios ou em outras coleções de águas, haverá necessidade de um pós-tratamento, normalmente constituído de lagoas de estabilização, lagoas aeradas ou lodos ativados”.

Segundo Cereda (1994), ainda não é possível falar-se em manejo dos resíduos de industrialização de mandioca no Brasil, mas sim em indicações de uso. Nesse aspecto, algumas áreas encontram-se mais adiantadas em pesquisas que outras o que, por si só, justifica todo o desenvolvimento e somatória de esforços e estudos que procurem enriquecer as informações nessa área ambiental, de conservação de água e utilização de despejo industrial.

Um aspecto importante ressaltado por Fioretto (1994) é que o solo pode absorver bem as águas aplicadas, principalmente, nos meses secos, período em que se concentra a maior produção de mandioca industrial na região centro-sul do país, coincidindo com uma época de menor precipitação pluviométrica, e em que a baixa vazão dos cursos d'água acentua os efeitos da poluição. E, paralelo a isso, coincide ainda com a época de maior déficit d'água no solo.

Considerando ainda que a região noroeste do Paraná identifica-se como importante área de criação de gado (leite/corte) e que tal atividade rural convive harmoniosamente com a lavoura de mandioca (ambas situadas em solos com característica de textura, predominantemente, média a arenosa, com as suas peculiaridades quanto ao conhecido déficit de nutrientes e de matéria orgânica e, principalmente, capacidade de armazenamento de água), é que vislumbra-se a real possibilidade de se utilizar o

efluente líquido de fecularia de raiz de mandioca como fonte suplementar de fertirrigação para áreas de pasto e/ou capineiras, visando uma maior produção e oferta de massa verde para os animais.

Fioretto (1994) afirma que pode-se depreender que a manipueira apresenta-se como um material não esgotado, podendo ser utilizada como fertilizante, de forma a aproveitar e reciclar os nutrientes no solo, evitando-se, assim, os despejos nos cursos d'água.

Rodrigues (2001), estudando águas residuárias de laticínios e frigoríficos, evidenciou que as mesmas são fontes de matéria orgânica e nutrientes minerais e podem contribuir para o aumento na produção de alimentos e na melhoria da qualidade ambiental, quando aplicadas ao solo de forma correta.

Segundo Silva *et al.* (2002), pelo fato dos primeiros estudos de viabilidade de aproveitamento da manipueira terem sido desenvolvidos no semi-árido do Nordeste brasileiro e que, mesmo de forma *in natura* a água apresenta teor elevado de sais é que, provavelmente, a partir daí tenha se propagado o mito de que a manipueira e, mais recentemente, o efluente industrial de fecularia de mandioca apresentavam sérios riscos ambientais com relação a esse elemento.

Da mesma forma, Juchem (2000) também utilizando águas residuárias de laticínios e frigoríficos em fertirrigação, concluiu que o seu uso pode substituir perfeitamente as adubações químicas nitrogenadas.

Sediyama *et al.* (1995) descrevendo sobre estercos animais, compostos orgânicos e águas residuárias de agroindústrias, afirmam que o adubo é prática agrônômica viável, pois, além das vantagens proporcionadas à exploração agrícola, minimiza o descarte nos cursos de água.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar impacto da aplicação do efluente bruto de fecularia de mandioca no solo utilizando colunas de solo.

Material e métodos

O ensaio foi realizado no laboratório do Centro Técnico de Irrigação da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Estado do Paraná, utilizando seis colunas de PVC de secção transversal constante de 0,20 m de diâmetro e 0,70 m de comprimento, preenchidas com terra retirada de até 0,40 m de profundidade de um Latossolo vermelho composto de 0,840; 0,010 e 0,160 kg kg⁻¹, respectivamente de areia silte e argila. A curva de retenção de água em função das tensões de retenção deste solo está apresentada na Figura 1.

Os tubos de PVC foram instalados na vertical, a

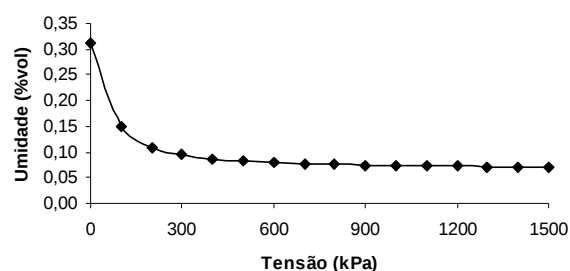


Figura 1. Curva de retenção de água no solo.

1,00 m de altura e neles adicionado solo peneirado, homogeneizado e seco ao ar até formar uma coluna de 0,50 m com densidade padronizada em $1,3 \text{ g cm}^{-3}$. A água residuária utilizada foi coletada em uma fecularia de mandioca, no sistema de drenagem imediatamente após o processo industrial durante o funcionamento da indústria e acondicionada em barricas hermeticamente fechadas para o transporte.

Comparando a análise do percolado, após saturação do meio com a da água residuária aplicada, procurou-se identificar a presença de amido no efluente bruto percolado das colunas e quantificar, pelo método da hidrólise ácida do amido, o teor de açúcares solúveis presentes nesse mesmo efluente percolado após a saturação das colunas.

Determinou-se a quantidade de sólidos secos, cinzas e matéria orgânica dos efluentes bruto aplicado e percolado, utilizando. Respectivamente, a secagem em estufa a 65°C durante oito dias, conforme Braile e Cavalcanti (1979), estufa a 105°C por 24 horas e mufla por 4 horas a 600°C .

As amostras do material utilizado nos teste de percolação foram analisadas com intervalo inferior à 6 horas entre a coleta e entrada no laboratório, muito embora APHA (1995) recomende até 24 horas, desde que atendidos os processos básicos de conservação das amostras.

As referidas análises foram realizadas conforme metodologia de coleta adotada pela CETESB que tem como referencial, segundo Vieira Neto (1994), o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, editado pela *American Public Health Association* (APHA), *American Water Works Association* (AWWA) e *Water Pollution Control Federation* (WPCF), conforme APHA, 1995.

Foram analisados: N total, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Carbono Orgânico, Condutividade elétrica, Sódio, Alumínio, pH, Cianeto, DBO, DQO, Oxigênio Dissolvido, Ferro, Zinco, Cobre e Manganês, totalizando 18 parâmetros. Os resultados refletem os seus respectivos valores solúveis e não totais (Tabela 1).

A hidrólise dos açúcares foi realizada por via ácida, com propósito de converter os diferentes

açúcares presentes no efluente bruto de fecularia em glicose (monossacarídeo básico).

Tabela 1. Características do efluente de fecularia de mandioca bruto

Parâmetros	Unidade	Efluente Bruto
Nitrogênio total	mg dm^{-3}	32,4
Fósforo	mg dm^{-3}	17,8
Potássio	mg dm^{-3}	333,6
Cálcio	mg dm^{-3}	31,37
Magnésio	mg dm^{-3}	36,87
Condutividade Elétrica	$\text{dS} \cdot \mu^{-1}$	1,46
Sódio	mg dm^{-3}	51,7
Alumínio	mg dm^{-3}	6,6
Carbono Orgânico	gdm^{-3}	7,73
pH		4,8
Cianeto	mg dm^{-3}	12,0
DBO	mg dm^{-3}	6.210
DQO	mg dm^{-3}	14.700
Oxigênio Dissolvido	mg dm^{-3}	0,0
Ferro	mg kg^{-1}	6,09
Zinco	mg kg^{-1}	0,59
Cobre	mg kg^{-1}	0,05
Manganês	mg kg^{-1}	0,62

Para obtenção do açúcar carreado pelo efluente bruto de fecularia, identificado como açúcar redutor residual total, oriundo da hidrólise do amido, utilizou-se a metodologia da Cooperçúcar (1994).

A análise qualitativa de açúcar, utilizando o método comparativo com alfa naftol, permite apenas afirmar se na amostra analisada apresenta ou não açúcar (Glicose), sem quantificar e especificar o tipo.

Segundo Caldas (1998), o método qualitativo com alfa naftol permite detectar concentrações de até $0,1 \text{ mg dm}^{-3}$ de açúcar na amostra. Passados 15 segundos sem que haja formação do anel lilás, o teste é considerado negativo (não detectado), ou seja, não há presença de açúcar na amostra.

A hidrólise ácida (conversão de todos os açúcares – inclusive o amido – contido nas amostras para a sua forma simples, monossacarídeo, glicose), segundo ABNT (1987) precede os métodos qualitativo e quantitativo de açúcares.

Resultados e discussão

Verificou-se que o solo contido nas colunas, funcionou como elemento filtrante e que, em momento algum (início de percolação, período de estabilidade do fluxo e fim de percolação), identificou-se a presença de amido no efluente bruto percolado.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores de pH, Cianeto, DBO, DQO do efluente bruto aplicado e do seu percolado nas colunas de solo. Verifica-se que ocorreu uma redução na DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e, respectivamente, da

DQO (Demanda Química de Oxigênio) quando se compara o percolado do efluente nas colunas com relação ao mesmo efluente bruto aplicado. Tal redução, provavelmente, esteja diretamente relacionado à, retenção, praticamente, de toda matéria orgânica retida nos primeiros centímetros das colunas de solo. Assim, o material percolado tem menor matéria orgânica e necessita de uma quantidade de oxigênio, seja por via química e/ou biológica, muito menor do que o efluente bruto aplicado.

Tabela 2. Características químicas da água residuária aplicada e percolada

	Aplicada	Percolada (mg dm ⁻³)					
		Colunas					
		01	02	03	04	05	06
pH	4,8	5,4	5,5	5,3	5,7	5,3	5,4
Cianeto	12,0	4,4	4,4	4,3	4,4	4,4	4,2
DBO	6.210	1.340	1.390	1.410	1.320	1.370	1.470
DQO	14.700	2.970	3.020	3.150	2.940	3.000	3.220

Quanto ao Cianeto, observa-se, também, que existiu uma redução significativa entre o percolado do efluente bruto quando comparado com o efluente bruto aplicado. Muito embora, semelhantemente à análise da DBO e DQO, tais concentrações estejam acima do valor máximo permitido para despejo pelas leis ambientais vigentes.

Quanto ao pH do efluente bruto, observa-se que o mesmo apresenta características ácidas e que, após passagem pelas colunas, ocorreu aumento nos seus valores, provavelmente, pelas interações desse composto com a fase sólida do solo e, posteriormente, pelas reações ocorridas.

A média e o CV do percolado para os parâmetros da tabela 3 são: 5,43; 4,35; 1383,333 e 3050 para as médias e 2,27; 1,92; 3,67 e 3,61 para os CV, respectivamente, dos valores de pH, Cianeto, DBO e DQO.

Segundo Oke (1968), a fração não amilácea da raiz de mandioca é de 3,68%, dos quais, 1,97% são de açúcares redutores (1,54% de glicose, 0,43% de frutose e maltose) e 1,71% (1,7% de sacarose e 0,01% de rafinose). Por esta razão realizou-se a hidrólise dos açúcares, por via ácida, no objetivo de converter os diferentes açúcares em glicose (monossacarídeo básico), cujos dados encontram-se na Tabela 3.

Observa-se pelos resultados apresentados na Tabela 3 que todas amostras oriunda das colunas estudadas continham açúcares.

Segundo Duarte (1981), amostras contendo baixas concentrações de açúcares não são identificadas pelo método de determinação de

açúcares totais no caldo da cana-de-açúcar, pelo fato dos equipamentos estarem calibrados para faixas de intervalos de elevados valores, uma vez que a amostra da cana no momento do transporte, por exemplo, apresenta concentração entre 18-20% de açúcar redutor total. Portanto, para obtenção do açúcar carregado pelo efluente bruto de fecularia, identificado como açúcar redutor residual total, oriundo da hidrólise do amido, utilizou-se a metodologia da Cooperçúcar (1994).

Tabela 3. Teores de açúcares (glicose) no percolado

Coluna	Análise qualitativa de açúcar (Alfa naftol)	Açúcar Redutor Total	Açúcar Redutor Residual Total (mg dm ⁻³)
01	SIM	NÃO	375
02	SIM	NÃO	345
03	SIM	NÃO	362
04	SIM	NÃO	323
05	SIM	NÃO	380
06	SIM	NÃO	402

Segundo Cereda (2001), a análise dos carboidratos solúveis da manipueira apontaram presença de glicose e maltose e, muitas vezes, apenas glicose, entre 40 e 45 g dm⁻³, o que explica em parte a dificuldade de reter carga biodegradável por processo físico.

A comprovação de que o efluente bruto percolado das águas residuárias de fecularia carrega consigo açúcares hidrolisados em diferentes formas e tamanhos de moléculas, com concentração média, segundo valores determinados na Tabela 3, de 364,5 mg dm⁻³ para camadas do solo abaixo de 0,50 m, passa a ser uma real preocupação de cunho ambiental, uma vez que o açúcar é meio de cultura para desenvolvimento e proliferação de microorganismos ou aumento da microfauna do solo.

As conseqüências e desdobramentos dessa ação não estão, ainda, definidas, razão pela qual recomenda-se cautela quanto ao uso e aplicação de efluente bruto de fecularia de mandioca para fins de fertirrigação, principalmente, para solos com baixa capacidade de retenção de água.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados dos sólidos totais, sólidos em suspensão fixos e voláteis do efluente bruto aplicado e percolado. Pode-se observar que os valores dos sólidos em suspensão fixos do efluente bruto aplicado são próximos do percolado deste efluente. Todo o diferencial está na matéria orgânica contida no efluente bruto (17,57) e percolado (4,77) confirmando a retenção de matéria orgânica pelo solo.

Importante ainda ressaltar que para cada milímetro desta água residuária aplicada adiciona-se

ao solo 225,4 kg de sólidos secos e que após passar por 0,50 m de perfil do solo ainda carrega 78,1 kg de deste sólido.

Tabela 4. Determinação de sólidos totais, fixos e voláteis)

Efluente Bruto		Sólidos seco ¹	Sólidos Totais ²	Sólidos suspensão ³	Sólidos suspensão ⁴
Aplicado		22,54	20,18	2,61	17,57
Percolado	Coluna 1	8,75	8,16	2,51	5,65
	Coluna 2	7,19	6,51	2,46	4,05
	Coluna 3	7,63	7,26	2,51	4,75
	Coluna 4	8,19	7,38	2,49	4,89
	Coluna 5	6,91	6,55	2,43	4,12
	Coluna 6	8,22	7,49	2,33	5,16
Média		7,815	7,225	2,455	4,77
CV		8,91	8,61	2,76	12,86

1 Sólidos seco a 65°C (g dm⁻³); 2 Sólidos Totais (seco a 105°C) (g dm⁻³); 3 Sólidos em suspensão fixos (g dm⁻³); 4 Sólidos em suspensão voláteis (g dm⁻³)

Conclusão

- O solo promoveu a redução de todos os parâmetros estudados, funcionando como filtro da água residuária de fecularia de mandioca.

- O amido contido no efluente bruto de água residuária de fecularia de mandioca, quando aplicado ao solo, fica na sua totalidade retido nos primeiros 0,50 m de profundidade de perfil, percolando apenas açúcares já hidrolisados;

- A concentração de Cianeto e as taxas de DBO e DQO do efluente bruto percolado, mesmo sofrendo diminuição quando comparado com o efluente bruto aplicado, encontram-se acima do máximo permitido pela legislação ambiental para ser aplicados no solo.

Referências

ABAM – Associação Brasileira de Produtores de Amido de Mandioca. Levantamento Estimativo de Produção e Venda 2001/2002, *Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca*. Paranaíba, Brasil, 2001.

APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19. Ed. Washington, D.C: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1995.

BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. *Manual de tratamento de águas residuárias industriais*. São Paulo: Cetesb, 1979.

CEREDA, M.P. Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca. In: *Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil*. São Paulo: Editora Paulicéia, 1994. p. 11-50.

CEREDA, M.P. Caracterização dos subprodutos da

industrialização da mandioca. In: *Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca*. Série: Culturas de tuberosas amiláceas latinoamericanas, Campinas: Fundação Cargill. v. 4, p. 13– 7, 2001.

CALDAS, C. *Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras*. Maceió: Editora do Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Alagoas, 1998.

CETESB. *Legislação estadual: Leis, decretos, etc. - Controle de poluição ambiental* – Estado de São Paulo (atualizado até julho, 1990) – Série Documentos, São Paulo, Cetesb, 1990.

COOPERÇÚCAR. *Métodos de análises atualizados para controle de processo e controle mútuo*. Piracicaba, 1994.

DUARTE, T. *Métodos de análises para uniformização do controle químico na fabricação do açúcar no estado de Alagoas*. Maceió: Editora do Sindicato da Indústria de Açúcar e do Alcool no Estado de Alagoas, 1981.

FIORITO, R.A.; Uso direto da manipueira em fertirrigação. In: *Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil*. São Paulo: Editora Paulicéia, 1994. p. 51-80.

GROXKO, M. Mandioca. *Prognóstico da safra paranaense 2001/2002*. p. 49-54 DERAL/SEAB, Paraná, 2001.

JUCHEM, C.R. *Reuso de efluentes tratados das agroindústrias de leite e carne sobre a produção da cultura de alface (Lactuca sativa L.) fertirrigada*. 2000. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Oeste do Paraná, Cascavel, 2000.

OKE, O.L. Cassava as food in Nigeria. *World Rev. Nutr. Diet.*, Basel, v. 96, p. 227 – 250, 1968.

PATZA, M.G.B. *et al.* Estudo do pós-tratamento dos efluentes de biodigestão tratando vinhoto de mandioca. Curitiba: Surehma, 1993.

RODRIGUES, M.B. *Efeito de fertirrigações com águas residuárias de laticínio e frigorífico em um latossolo roxo eutrófico*. 2001. Dissertação (Mestrado)-Universidade do Oeste do Paraná, Cascavel, 2001.

SEDIYAMA, M.A.N. *et al.* Utilização de dejetos líquidos de suínos na produção de compostos orgânicos. In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, I., 1995, Viçosa. *Anais ...* Viçosa: Epamig, 1995, p. 24 – 34.

SILVA, F.F. *et al.* A. variação da carga orgânica do efluente de fecularia de mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, Salvador, 2002, *Anais...* Salvador: UFBA, 2002.CD-Room.

SOBRINHO, P.A. Autodepuração dos corpos d'água. In: *Curso poluição das águas*, São Paulo, 1975. São Paulo, CETESB/ABES/BNH, 1975. Cap.8, p. 6-9 (apostila).

VIEIRA NETO, J.N. Análises Laboratoriais e Controle. SEMINÁRIO TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS. Rio de Janeiro: Senai, 1994.

Received on July 20, 2004.

Accepted on July 08, 2005.