

LANDFARMING COM RESÍDUOS DE LATICÍNIOS E SUAS RELAÇÕES COM A QUALIDADE DA ÁGUA DA FAZENDA POUSO ALEGRE, EM CALDAS (MG)

Isabel Cristina de Barros Trannin¹; Alessandra Malta Mattos Branco^{2}; Maurício Petenusso³*

Resumo - Este estudo avaliou a influência do sistema de *landfarming* com resíduos de laticínios da Danone Ltda. na qualidade das águas superficiais da Fazenda Pouso Alegre, no município de Caldas (MG). Os resíduos empregados nesse sistema foram o soro e a gordura do leite e o lodo de esgoto da estação de tratamento, que após os testes de eficiência de biodegradação (EB), foram aplicados misturados na proporção aproximada de 1:1:1 (volume), na dose máxima de 250 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (EB de 32,5%) fracionada em 4 a 6 aplicações ao ano. Os resíduos foram aplicados em áreas de pastagem, culturas anuais e cultivo de eucalipto e o monitoramento da qualidade das águas foi realizado em pontos sob a influência desse sistema, em períodos chuvosos e de estiagem. Os valores dos parâmetros de qualidade da água, analisados em 1997, antes da implantação do sistema, foram considerados como referência. Os parâmetros pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e demanda química de oxigênio, não apresentaram valores superiores aos padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, para rios de classe 2, demonstrando que no período de 1997 a 2004, o sistema foi desenvolvido de forma adequada e atendeu à NBR 13.894 da ABNT.

Palavras-Chave – Saneamento, manejo de resíduos, poluição das águas

LANDFARMING WITH DAIRY WASTES AND ITS RELATIONS WITH WATER QUALITY OF THE POUSO ALEGRE FARM IN CALDAS (MG)

Isabel Cristina de Barros Trannin¹; Alessandra Malta Mattos Branco^{2}; Maurício Petenusso³*

Abstract - This study evaluated the influence of landfarming system with waste dairy Danone Ltda. on the quality of surface waters of the Pouso Alegre farm, in Caldas city, Minas Gerais State. The whey and milk fat and industrial sludge sewage were used in this system, that after the biodegradation efficiency test (BE) were administered mixed in the approximate ratio 1:1:1 (by volume) in maximum dose of 250 m³ ha⁻¹ yr⁻¹ (BE 32.5%) fractionated in 4-6 applications per year. The residues were applied in the pastures, annual crops and eucalyptus and water quality monitoring was conducted at points under the influence of this system, in the wet periods and dry seasons. The values of water quality parameters analyzed in 1997, before the implementation of the system were considered as reference. The parameters pH, conductivity, dissolved oxygen and chemical oxygen demand, did not show higher values than the quality standards established by CONAMA Resolution 357/2005, for class 2 rivers, demonstrating that in the period 1997 to 2004, the system was developed appropriately and attended the ABNT NBR 13.894.

Keywords - sanitation, waste management, water pollution

¹ Professora do Depto de Engenharia Civil e Ambiental da UNESP, Campus de Guaratinguetá – e-mail: isatrannin@gmail.com;

² Mestranda do programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UNESP – e-mail: alessandramb@gmail.com;

³ Gerente de Sustentabilidade da Itambé S.A – e-mail: mauricio.petenusso@itambe.com.br

INTRODUÇÃO

Empresas dos mais variados setores buscam medidas que priorizem a redução da produção de resíduos e a reciclagem ou aproveitamento seguro dos mesmos, de tal modo, que estes tenham aplicações e valor econômico e, ao mesmo tempo, contribuam para proteger a atividade econômica, a saúde pública e o ambiente, minimizando os impactos ambientais e econômicos da disposição inadequada destes resíduos.

No sistema de *landfarming* os resíduos orgânicos são dispostos na superfície do solo e, em seguida, quando necessário, são incorporados por aração ou gradagem. Essa técnica de tratamento de resíduos no solo tem sido muito utilizada pela indústria petrolífera (Silva, 2009), mas pode ser empregada para o tratamento de resíduos orgânicos de diferentes origens.

No Brasil, para o licenciamento desta técnica, os órgãos ambientais exigem que os projetos de implantação e de monitoramento atendam ao que estabelece a NBR 13.894 da ABNT para tratamento no solo de resíduos susceptíveis à degradação.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade dos corpos d'água da Fazenda Pouso Alegre, em Caldas (MG), sob a influência de áreas utilizadas para o tratamento de soro e gordura de leite e lodo de esgoto da Danone Ltda., unidade de Poços de Caldas (MG), em sistema de *landfarming*, no período de fevereiro de 1997 a fevereiro de 2004.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na fazenda Pouso Alegre, com 943 ha de extensão, localizada a 14 km do centro urbano do município de Caldas e a 18 km da Danone Ltda., unidade de Poços de Caldas, empresa geradora dos resíduos tratados no solo, em sistema de *landfarming*. Entre as principais atividades econômicas desenvolvidas nesta fazenda destacam-se a bovinocultura de corte, a agricultura, representada pelo cultivo de milho e batata e o reflorestamento com eucalipto. A qualidade das águas superficiais da Fazenda Pouso Alegre foi avaliada antes da implantação do sistema de *landfarming*, em 1997 e, posteriormente, realizada semestralmente em 2000, trimestralmente em 2001 e, quadrimestralmente de 2002 a 2004. De acordo com os dados climáticos e de condições meteorológicas, na região de Caldas, o excedente de chuva é elevado, atingindo cerca de 47% do total da precipitação pluviométrica. Dos 943 ha, 446 ha da fazenda Pouso Alegre corresponderam a áreas aptas à disposição dos resíduos gerados pela indústria de laticínios, em sistema de *landfarming*, sendo estas, afastadas de cursos d'água, nascentes e poços artesianos, não havendo ocorrência de nível freático até a profundidade de 3 m, conforme estabelece a NBR 13.894

Hidrografia

A fazenda Pouso Alegre situa-se na sub-bacia hidrográfica do Rio Verde, que cobre uma área de 290 km² e tem suas nascentes localizadas exatamente a montante desta propriedade, a 1.460 metros de altitude. Na área de estudo situam-se o Rio Taquari, ao norte e à jusante da propriedade e nas várzeas da região central, o Córrego Pouso Alegre, que forma meandros ao desaguar no Rio Taquari. As águas do Rio Taquari e do Córrego Pouso Alegre são utilizadas em atividades agropecuárias e domiciliares e para a dessedentação de animais silvestres que habitam as matas ciliares. Para a determinação do nível freático foram feitas sondagens, de acordo com a NBR 13.894

da ABNT. Na execução dos testes para avaliação do coeficiente de infiltração foram aplicadas as metodologias estabelecidas pela NBR 7.229 de setembro de 1993.

Soro de leite

O soro gerado pela coagulação de proteínas do leite por fermentos lácteos, para a produção de queijo tipo *Petit Suisse*, foi analisado pelo Laboratório de Alta Tecnologia - LABTEC, de Campinas (SP) e apresentou a seguinte composição: teor de água a 110°C = 94%; sólidos totais = 6,4%; N total = 1000mg kg⁻¹; P total = 530mg kg⁻¹; K = 1600 mg kg⁻¹; Ca = 500 mg kg⁻¹; Mg = 100 mg kg⁻¹; Na = 90 mg kg⁻¹ e pH = 4,3.

Gordura de leite

A gordura do leite também foi analisada pelo Laboratório de Alta Tecnologia - LABTEC, em Campinas (SP) e apresentou a seguinte composição: pH CaCl_{2(0,01M)} = 5,3; umidade total = 85%; inertes = 0 g kg⁻¹; matéria orgânica total (combustão) = 143 g kg⁻¹; matéria orgânica compostável = 140 g kg⁻¹; matéria orgânica resistente a compostagem = 3,2 g kg⁻¹; carbono total (orgânico e mineral) = 79 g kg⁻¹; carbono orgânico = 78 g kg⁻¹; resíduo mineral total = 3,1 g kg⁻¹; resíduo mineral insolúvel = 0,3 g kg⁻¹; resíduo mineral solúvel = 2,8 g kg⁻¹; nitrogênio total (orgânico e mineral) = 3,5 g kg⁻¹; fósforo total (P₂O₅) = 0,8 g kg⁻¹; potássio total (K₂O) = 0,2 g kg⁻¹; cálcio total (Ca) = 0,6 g kg⁻¹; magnésio total (Mg) = 0,1 g kg⁻¹; enxofre total (S) = 0,1 g kg⁻¹; relação C:N = 23:1; cobre total (Cu) = 4 mg kg⁻¹; manganês total (Mn) = 7 mg kg⁻¹; zinco total (Zn) = 22 mg kg⁻¹; ferro total (Fe) = 552 mg kg⁻¹; sódio total (Na) = 1301 mg kg⁻¹.

Lodo da Estação de Tratamento de Efluentes

O lodo produzido pela ETE da indústria de laticínios foi classificado como “Classe II A – resíduo não perigoso e não inerte” pela Ambiental Laboratórios Ltda. (Relatório CA 250-GEPEP/95), apresentando em umidade natural: pH CaCl_{2(0,01M)} = 5,9; umidade total = 85%; inertes = 0 g kg⁻¹; matéria orgânica total (combustão) = 128 g kg⁻¹; matéria orgânica (compostável) = 114 g kg⁻¹; matéria orgânica resistente à compostagem = 14 g kg⁻¹; carbono total (orgânico e mineral) = 71 g kg⁻¹; carbono orgânico = 63 g kg⁻¹; resíduo mineral total = 25 g kg⁻¹; resíduo mineral insolúvel = 1,4 g kg⁻¹; resíduo mineral solúvel = 24 g kg⁻¹; nitrogênio total (orgânico e mineral) = 11,14 g kg⁻¹; fósforo total (P₂O₅) = 9 g kg⁻¹; potássio total (K₂O) = 0,4 g kg⁻¹; cálcio total = 1,8 g kg⁻¹; magnésio total = 0,2 g kg⁻¹; enxofre total = 0,2 g kg⁻¹; relação C:N = 6:1; cobre total = 5 mg kg⁻¹; manganês total = 24 mg kg⁻¹; zinco total = 34 mg kg⁻¹; ferro total = 877 mg kg⁻¹; sódio total = 482 mg kg⁻¹. Como não existem estudos de degradabilidade de gordura de leite em solos tropicais, a tratabilidade deste resíduo misturado ao lodo de ETE na proporção 1:1 foi avaliada pela determinação da biodegradação desta mistura adicionada a um Latossolo por meio da quantificação do CO₂ evoluído (respirometria), seguindo a metodologia adotada pela CETESB (1999). O ensaio foi realizado em frascos biométricos de Bartha contendo 50 g de solo (pH_{CaCl₂} = 4,3; M.O. = 22 g Kg⁻¹; T = 83,4 mmol_c dm⁻³; P = 29 mg dm⁻³; K, Ca, Mg e H+Al = 7, 25, 1 e 55 mmol_c dm⁻³) adicionado da mistura lodo:gordura (73 dag kg⁻¹ de água; pH = 5,4; C.O. total e compostável = 165 g kg⁻¹; C:N = 4,2; N-total = 39 g kg⁻¹; P = 90 mg kg⁻¹) nas doses 18,4; 36,8 e 73,6 g de mistura kg⁻¹ de solo e a eficiência de biodegradação (EB) desta mistura aplicada ao solo foi avaliada pelo desprendimento de CO₂, capturado por solução de KOH 0,1 mol L⁻¹, no período total de 45 dias de incubação, sendo a quantificação do CO₂ realizada aos 2; 5; 8; 12; 15; 19; 23; 31; 37 e 45 dias.

Monitoramento da qualidade das águas superficiais

O monitoramento da qualidade das águas superficiais foi realizado pela coleta de amostras de água em pontos intermediários, à montante (m) e à jusante (j) das áreas sob influência do sistema de *landfarming* (Figura 1).

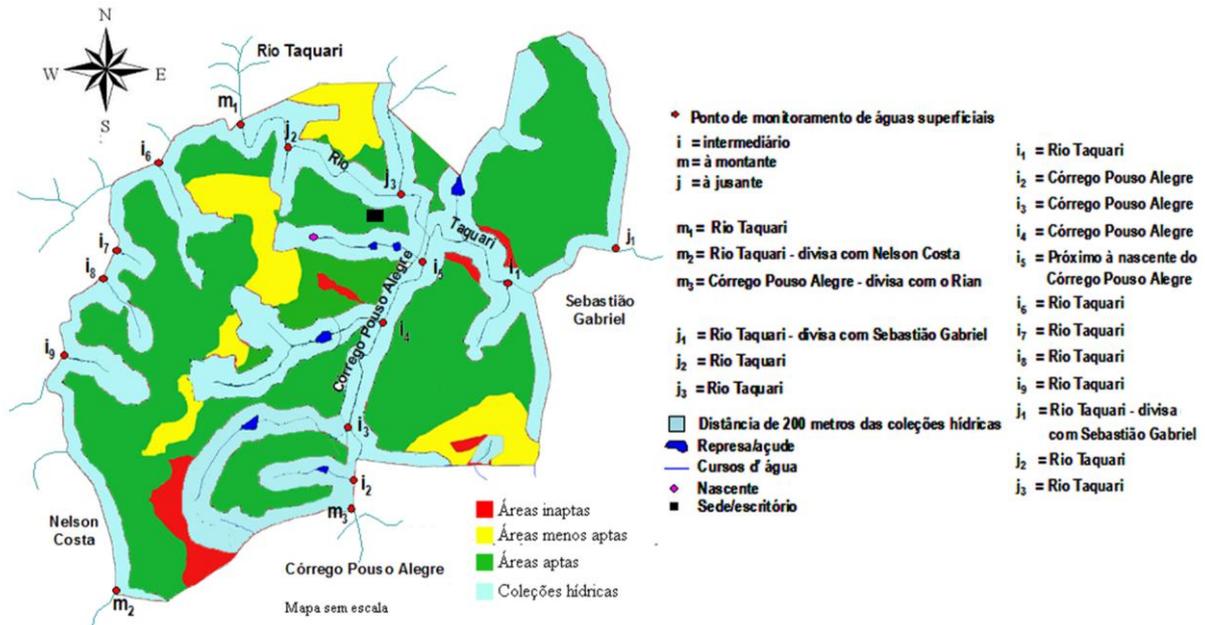


Figura 1 – Localização dos pontos de coleta de água nos principais corpos d'água (Córrego Pouso Alegre e Rio Taquari) sob influência das áreas aptas ao sistema de *Landfarming* da Fazenda Pouso Alegre, em Caldas (MG).

Para a avaliação da qualidade da água foram analisados os parâmetros: pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (OD) e demanda química de oxigênio (DQO), utilizando as metodologias descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater – 19^a Edição/SW846 APHA (Eaton et al., 1995). Estes parâmetros de qualidade da água foram analisados antes da implantação do sistema de *landfarming* na Fazenda Pouso Alegre, em 1997, e estes valores foram empregados como referência, quando comparados aos obtidos no período de 2000 a 2004, à montante e à jusante das áreas sob influência do sistema. Nesta avaliação, também foram considerados os padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA n^o 357/05, para rios de água doce, de classe 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condutividade elétrica

Apesar da grande variação dos valores de condutividade elétrica (CE), os pontos intermediários estão próximos ou abaixo dos valores de referência, com exceção de i₁; i₄ e i₈. Por outro lado, o ponto à jusante (j₂), cujo valor de referência foi 48 uS cm⁻¹, apresentou valores inferiores em todos os períodos de amostragem (Tabela 1). Entre os pontos à montante, o m₃, foi o que apresentou maior variação nos valores de CE, mas na última coleta, realizada em fevereiro, manteve-se inferior ao valor de referência. Em todos os pontos de amostragem e no período de análise, os valores de CE atenderam a faixa estabelecida pela Resolução CONAMA 357/05, para rios de classe 2, de 50 a 1500 uS cm⁻¹.

Tabela 1 - Condutividade Elétrica das águas superficiais amostradas em pontos à montante (m); intermediários (i) e à jusante (j), do sistema de *landfarming* com resíduos de laticínios, na fazenda Pouso Alegre, em Caldas (MG).

Pontos de Coleta	Condutividade Elétrica, uS cm ⁻¹												
	Resolução CONAMA 357/05: CE = 50 a 1500 uS cm ⁻¹ (rio de classe 2)												
	Datas de amostragem												
	1997	2000		2001				2002		2003			2004
referência	16/02	12/09	10/01	09/05	21/08	28/11	26/04	18/09	20/02	29/06	04/11	23/02	
m ₁	27,3	18,5	22,5	21,2	27,0	26,4	23,0	20,0	22,0	19,5	46,4	17,6	15,6
m ₂	20,0	17,3	20,2	20,4	22,0	21,5	20,4	20,0	22,0	16,2	46,9	18,7	18,2
m ₃	18,0	23,3	23,7	22,2	21,5	23,6	22,1	21,0	23,0	17,9	47,0	18,9	12,1
i ₁	31,5	21,2	19,2	25,2	26,2	19,9	19,0	29,0	27,0	19,0	45,0	11,9	41,0
i ₂	25,0	25,7	19,1	26,3	25,8	13,1	21,2	19,0	24,0	15,1	32,7	15,4	18,5
i ₃	29,0	22,1	24,1	22,1	25,7	23,5	24,5	26,0	26,0	21,6	47,0	18,0	23,9
i ₄	18,0	19,8	21,1	24,5	23,2	19,3	18,9	21,0	20,0	17,6	38,4	14,7	21,6
i ₅	19,5	14,5	24,5	20,3	24,4	25,6	22,3	20,0	24,0	19,5	82,3	31,4	11,5
i ₆	15,5	21,5	24,1	22,5	21,5	24,9	24,0	20,0	24,0	14,0	48,7	14,4	15,8
i ₇	23,7	20,8	25,3	23,9	23,8	49,8	24,9	21,0	24,0	19,0	61,6	19,6	22,6
i ₈	20,5	19,7	24,1	23,3	26,2	24,4	23,9	22,0	23,0	19,3	63,1	18,8	21,5
i ₉	21,7	19,4	23,1	23,9	23,6	23,0	21,3	21,1	22,0	17,7	63,0	13,7	19,0
j ₁	22,0	23,1	40,6	32,2	26,7	37,7	30,9	32,0	28,0	17,1	51,9	15,9	24,8
j ₂	48,0	18,2	24,4	26,2	27,7	23,3	22,5	20,0	23,0	15,0	64,2	19,2	24,5
j ₃	17,5	19,2	23,8	22,6	29,0	23,8	24,4	21,0	24,0	16,1	68,6	20,4	19,4

pH

Apesar das variações de pH, em geral apresentando valores superiores à referência, em todos os pontos monitorados, estes permaneceram na faixa de 6,0 a 9,0, estabelecida como padrão de qualidade para rios de classe 2, pela Resolução CONAMA 357/05 (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores de pH das águas superficiais amostradas em pontos à montante (m); intermediários (i) e à jusante (j), do sistema de *landfarming* com resíduos de laticínios, na fazenda Pouso Alegre, em Caldas (MG).

Pontos de coleta	pH												
	Resolução CONAMA 357/05: pH = 6,0 a 9,0 (rio de classe 2)												
	Datas de amostragem												
	1997	2000		2001				2002		2003			2004
referência	16/02	12/09	10/01	09/05	21/08	28/11	26/04	18/09	20/02	29/06	04/11	23/02	
m ₁	5,76	6,27	7,48	6,60	6,47	6,7	6,4	7,15	6,8	6,66	6,95	7,37	7,18
m ₂	5,38	6,10	6,77	6,20	6,26	6,6	6,0	7,0	6,7	6,39	7,05	6,78	7,13
m ₃	6,40	6,47	6,71	6,40	6,38	6,3	6,4	7,25	6,9	6,73	7,25	7,03	6,84
i ₁	5,95	5,77	6,00	5,60	5,42	6,9	5,9	6,42	6,4	6,48	6,61	5,75	6,45
i ₂	6,12	6,11	6,43	6,10	5,80	6,5	6,2	6,7	6,3	6,38	7,30	6,65	6,88
i ₃	5,67	6,36	6,80	6,60	6,37	6,5	6,5	7,15	6,6	7,09	7,09	7,14	6,97
i ₄	6,36	5,91	6,13	5,70	5,67	6,0	5,4	6,20	5,7	6,03	6,48	6,67	6,45
i ₅	6,39	6,06	6,34	6,00	5,61	6,2	6,0	6,65	6,4	6,07	7,03	7,32	6,92
i ₆	6,41	6,18	7,69	6,40	6,35	7,0	6,3	6,90	6,4	6,74	7,14	6,70	7,4
i ₇	5,96	6,24	6,73	6,20	6,45	6,3	6,0	7,10	5,9	6,55	6,88	6,29	6,93
i ₈	5,75	6,42	6,68	6,80	6,25	6,4	6,4	6,99	6,5	7,07	7,25	6,88	7,2
i ₉	6,38	6,29	6,65	6,30	6,38	6,6	6,1	7,15	6,3	6,5	7,11	6,52	6,9
j ₁	6,08	6,16	6,40	6,30	6,20	6,3	6,2	6,70	6,6	6,487	7,10	5,83	6,3
j ₂	6,18	6,24	6,61	6,40	6,20	6,3	6,0	6,56	6,5	6,96	7,38	6,62	7,18
j ₃	6,27	6,14	6,43	6,30	6,27	6,2	5,9	6,38	6,4	6,44	6,90	6,44	6,99

Demanda química de oxigênio (DQO)

Os valores de DQO apresentaram grandes variações entre os períodos de amostragem (**Tabela 3**). Geralmente, nos períodos de estiagem, entre os meses de abril a agosto, quando o volume dos cursos d'água diminuiu, os valores de DQO foram muito superiores aos valores de referência. No entanto, na última amostragem, realizada em fevereiro de 2004, período chuvoso, os valores de DQO mantiveram-se próximos aos valores de referência.

Tabela 3 – Demanda Química do Oxigênio (DQO) das águas superficiais amostradas em pontos à montante (m); intermediários (i) e à jusante (j), do sistema de *landfarming* com resíduos de laticínios, na fazenda Pouso Alegre, em Caldas (MG).

Pontos de coleta	DQO, mg de O ₂ L ⁻¹												
	Datas de amostragem												
	1997	2000		2001				2002		2003			2004
referência	16/02	12/09	10/01	09/05	21/08	28/11	26/04	18/09	20/02	29/06	04/11	23/02	
m ₁	<5	8	nd ¹	2,6	33,7	9,3	nd	47,4	1,4	5,8	nd	nd	4,4
m ₂	<5	17	nd ¹	2,8	20,6	10,0	nd	36,3	10,8	nd	nd	nd	2,5
m ₃	<5	10	nd ¹	4,0	15,6	11,5	nd	30,6	6,2	7,4	9,4	nd	3,3
i ₁	<5	13	nd ¹	0,2	nd	16,8	5,9	23,3	nd	nd	20,9	1,3	3,8
i ₂	10	21	nd ¹	5,9	nd	11,5	nd	37,8	nd	33,6	13,2	nd	5,2
i ₃	<5	12	nd ¹	nd	3,6	15,1	nd	9,8	8,6	nd	24,6	28,4	9,6
i ₄	<5	19	nd ¹	4,9	13,5	7,9	2,1	8,1	41,3	9,9	nd	nd	4
i ₅	<5	16	nd ¹	14,2	27,9	21,9	6,1	49,2	4,4	32,8	8,0	23,9	6,5
i ₆	8,3	14	nd ¹	6,1	21,0	10,5	nd	16,1	65,8	nd	10,8	nd	nd
i ₇	<5	13	nd ¹	2,8	21,6	38,1	2,2	18,2	nd	nd	nd	nd	9,6
i ₈	<5	8	nd ¹	2,6	19,8	13,7	2,8	2,2	1	7,6	58,1	35,9	3,8
i ₉	<5	4	nd ¹	5,0	24,2	32,6	nd	7,9	2,8	nd	33,0	nd	nd
j ₁	<5	15	nd ¹	6,0	15,4	15,5	6,2	31,0	0,2	nd	10,4	4,2	nd
j ₂	<5	nd	11	nd	nd	13,7	11,9	0,9	43,1	22,8	nd	nd	9,3
j ₃	<5	nd	9	nd	nd	47,8	10,3	nd	nd	5,8	nd	nd	nd

¹nd = não determinado, o valor da leitura está abaixo do nível de detecção.

Oxigênio dissolvido (OD)

Em todos os pontos monitorados houve aumento do OD em relação aos valores de referência, o que é favorável, visto que para a Resolução CONAMA/05, a concentração de OD deve ser igual ou superior a 5,0 mg L⁻¹ em rios de água doce de classe 2 (**Tabela 4**).

Tabela 4 - Valores de Oxigênio Dissolvido (OD) das águas superficiais amostradas na fazenda Pouso Alegre, sob influência do sistema de *landfarming* com resíduos de laticínios da Danone Ltda., em Poços de Caldas (MG)

Pontos de coleta	OD, mg de O ₂ L ⁻¹ Resolução CONAMA 357/05: OD: ≥ 5 mg L ⁻¹ O ₂												
	Datas de amostragem												
	1997	2000		2001				2002		2003			2004
	referência	16/02	12/09	10/01	09/05	21/08	28/11	26/04	18/09	20/02	29/06	04/11	23/02
m ₁	4,83	5,10	5,45	8,02	4,98	12,50	11,7	8,1	6,3	6,3	9,3	9,0	7,4
m ₂	5,05	4,82	5,60	8,80	4,86	11,64	10,7	7,3	6,2	8,2	9	10,5	6,9
m ₃	5,72	5,08	5,50	8,50	4,88	12,09	10,6	7,1	6,3	6,2	8,6	10,9	7,2
i ₁	4,55	4,27	4,38	6,93	4,60	8,78	7,1	5,5	5,6	7,8	6,8	7,7	8,8
i ₂	4,95	5,82	5,22	8,25	4,71	10,71	10,3	6,5	6,0	6,1	8,3	10,6	6,7
i ₃	5,50	5,42	5,31	8,03	4,58	12,05	10,4	6,6	6,0	6,5	7,9	9,5	7,1
i ₄	5,18	5,08	4,72	6,81	4,40	11,15	8,7	5,7	5,2	6,2	10,2	10,4	7,5
i ₅	5,80	4,80	4,12	6,34	4,10	9,10	10,0	6,5	5,1	6,8	7,7	10,6	6,2
i ₆	4,80	5,16	4,51	7,95	4,72	10,80	11,0	7,7	5,6	7,4	8,6	9,7	4,5
i ₇	4,50	4,62	4,42	7,57	4,57	10,53	10,4	8,2	4,9	7,2	5,6	7,9	7,2
i ₈	5,35	4,88	5,25	8,33	4,85	11,63	11,4	7,9	6,0	8,7	8,9	9,2	7,6
i ₉	5,28	4,53	5,06	7,28	4,80	11,46	10,5	8,0	6,5	8,2	8,6	9,8	6,7
j ₁	4,88	4,66	5,19	6,43	4,95	11,56	7,3	7,3	5,9	6,4	8,6	8,2	7,1
j ₂	4,94	5,29	5,09	7,50	4,88	12,20	10,5	7,8	6,0	8,6	11,6	12,0	7,2
j ₃	5,03	5,11	4,87	7,94	4,91	11,82	10,9	6,9	5,9	7,9	12,1	8,7	7,6

Todos os parâmetros analisados variaram ao longo do tempo de monitoramento, provavelmente devido às variações nos índices de precipitação pluviométrica no momento de cada amostragem. Apesar disso, os valores observados nos pontos intermediários, diretamente sob influência do sistema de *landfarming*, apresentaram-se próximos aos obtidos nos pontos à montante e à jusante da aplicação destes resíduos no solo.

Embora estes resíduos sejam originados de indústria alimentícia e apresentem a vantagem de não conter elementos perigosos, se não forem dispostos de forma adequada podem ser carregados pela chuva, causando a poluição dos corpos d'água da fazenda Pouso Alegre, em Caldas (MG). Considerando o excedente de chuva, de cerca de 47% do total, recomenda-se o controle do escoamento superficial dos resíduos nas áreas aptas ocupadas com cultivos anuais, no período de entressafra. Nas áreas cobertas por pastagem, o controle deste escoamento pode ser realizado pela própria cobertura vegetal do solo. Em áreas ocupadas com eucalipto, a contenção das águas pluviais pode ocorrer pela atuação da própria serapilheira, que geralmente é densa neste tipo de cobertura vegetal.

CONCLUSÃO

Os parâmetros, condutividade elétrica, pH e oxigênio dissolvido, não apresentaram valores superiores aos padrões de qualidade de água para rios de classe 2, estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e a demanda química de oxigênio foi superior aos valores de referência, somente nos períodos de estiagem. Portanto, conclui-se que o sistema de *landfarming* com resíduos de laticínios, desenvolvido no período de 1997 a 2004, na fazenda Pouso Alegre, em Caldas (MG) foi realizado de forma adequada e atendeu à NBR 13.894 da ABNT.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 13.894*: Tratamento no solo (*landfarming*). Rio de Janeiro. Junho 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 7.229*: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, Setembro de 1993.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas - critérios para projeto e operação. *Manual técnico*. p. 4.230. 1999.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA *Resolução 357/2005*: Enquadramento dos Corpos Hídricos Superficiais no Brasil. Governo Federal, Brasília. Publicada no DOU nº 53, de 18 de março de 2005, Seção 1, p. 58 - 63.

EATON, A.D.; CLESCERI, L.S.; GREENBERG, A. E. *Standards Methods for the examination of water and wastewater*. 19.ed. Washington, D.C, American Public Health Association, 1995. Paginação irregular.

SILVA, L.J. da. *Processo de Landfarming para Tratamento de Resíduos Oleosos*. Dissertação (Mestrado) – UFRJ/EQ. Rio de Janeiro: 2009. 91 p.