

II-486 - AVALIAÇÃO DE EFLUENTE DE CLÍNICA NEFROLÓGICA UTILIZANDO TÉCNICAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA E BIOENSAIOS

Geani Mohr

Acadêmica do Curso de Biologia. Universidade de Santa Cruz do Sul-UNISC

Deivid Kern

Biólogo, Mestrando do PPGTA-UNISC

Bárbara Meier da Costa

Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental. Universidade de Santa Cruz do Sul-UNISC.

Eduardo Alexis Lobo Alcayaga

PhD em Ciências Aquáticas- Universidade de Pesqueiras de Tóquio, Japão. Professor do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental-PPGTA-UNISC.

Ênio Leandro Machado⁽¹⁾

Químico Industrial. Doutor em Engenharia pela UFRGS. Professor do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental-PPGTA-UNISC.

Endereço⁽¹⁾: Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental-PPGTA- Universidade de Santa Cruz do Sul, Av. Independência, 2293. CEP: 96.815-900. Santa Cruz do Sul/RS, Brasil – Tel.: (51) 3717-7545. e-mail: enio@unisc.br

RESUMO

As clínicas de hemodiálise se constituem num dos serviços que mais gera efluentes líquidos significativos, devido ao grande consumo de água utilizada neste processo. Na maioria dos casos estes efluentes são lançados diretamente nos corpos receptores sem um tratamento prévio, podendo ocasionar a contaminação das redes pluviais, bem como das águas subterrâneas, em função da sobrecarga orgânica e da presença de substâncias potencialmente tóxicas. Neste contexto, este estudo teve como objetivo estabelecer estratégias de diagnóstico e remediação de poluentes potencialmente impactantes de clínicas de Nefrologia, aplicando técnicas de Produção Mais Limpa a fim de trabalhar sistematicamente na minimização de resíduos e efluentes líquidos na fonte. Ainda, para a avaliação do efluente foram realizados ensaios ecotoxicológicos utilizando como organismo-teste o microcrustáceo *Daphnia magna* Straus. O processo foi caracterizado através de um fluxograma geral determinando as entradas e saídas de insumos, energias e materiais. As ações impactantes foram estabelecidas a partir de observações e de entrevistas. Após identificação das ações utilizou-se a matriz de interação bidimensional (Matriz de Leopold), na qual foi possível identificar, qualificar, medir e interpretar as abrangências destas ações sobre os fatores ambientais determinados na matriz. Os resultados preliminares indicaram cinco etapas dos procedimentos na clínica nefrológica contendo 16 ações com impactos ambientais referentes aos procedimentos que afetam principalmente os recursos hídricos. As categorias de impactos qualitativos envolveram 14 fatores, resultando em 224 impactos ambientais. Do total de impactos ambientais? avaliados, 62,3% foram positivos (a infra-estrutura da clínica traz ganhos antrópicos: diminuição de riscos ocupacionais; ...rever a matriz) e 37,7% negativos, especialmente a ecotoxicologia das águas residuárias. Para a realização de testes ecotoxicológicos com a espécie *D. magna*, durante os meses de abril e julho de 2010 foram coletadas 4 amostras de quatro pontos de efluentes brutos não tratados, totalizando 16 amostras (P1: tanque de higienização, P2: sala de hemodiálise, P3: sala de esterilização, P4: tanque de descarte) e 4 amostras no ponto da central de tratamento da água por osmose reversa (P5), para sua posterior utilização no abastecimento interno. O manejo, cultivo e testes dos organismos foram feitos seguindo a norma técnica ABNT 12712 (2004). Baseado na mortalidade e/ou imobilidade dos organismos testados, calculou-se a CE (I) 50% 48h, Concentração Efetiva Inicial Mediana, concentração da amostra no início do ensaio que causa efeito agudo a 50% dos organismos em 48h. Os resultados indicaram que o efluente bruto dos pontos P1, P2, P3 e P4 apresentaram, respectivamente, uma CE(I)50% 48h média de $7,6 \pm 2,1\%$ ($n = 4$; Coeficiente de variação; CV = 28,2%); $21,2 \pm 24,7\%$ ($n = 4$; CV = 116,3%); $18,9 \pm 13,8\%$ ($n = 4$; CV = 72,8%); $16,1 \pm 19,4\%$ ($n = 4$; CV = 120,7%), correspondendo em todos os casos a amostras extremamente tóxicas. O ponto P5 não apresentou toxicidade, revelando a eficiência do tratamento empregado para a utilização da água no abastecimento interno. Contudo, Os resultados obtidos nos pontos de efluentes brutos não tratados indicaram amostras extremamente tóxicas, demonstrando claramente a necessidade da aplicação de tratamentos eficientes de detoxificação.

PALAVRAS-CHAVE: Serviços de Nefrologia; Ecotoxicologia; *Daphnia magna*; Produção Mais Limpa.

INTRODUÇÃO

A água é essencial para a manutenção dos recursos hídricos e indispensáveis para a manutenção e equilíbrio dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Desta forma, os efluentes líquidos que são lançados nos corpos receptores sem tratamento adequado, acabam comprometendo a sobrevivência das populações aquáticas.

As clínicas de hemodiálise se constituem num dos serviços que mais geram efluentes líquidos significativos, devido ao grande consumo de água utilizada no processo¹. Na maioria dos casos, estes efluentes são lançados diretamente nos corpos receptores sem um tratamento prévio, podendo ocasionar a contaminação das redes pluviais, bem como das águas subterrâneas, em função da sobrecarga orgânica e da presença de substâncias potencialmente tóxicas. A implantação de programas de combate ao desperdício e de uso racional da água, repercutem favoravelmente na minimização da geração de efluentes líquidos.

O programa de Produção mais Limpa tem como princípios a aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo produtivo². Esta abordagem induz inovação nas empresas, dando um passo em direção ao desenvolvimento econômico sustentável e competitivo, não apenas para elas, mas para toda a região que abrangem, reduzindo riscos ambientais e trazendo benefícios econômicos para as empresas.

Este estudo teve como objetivo estabelecer estratégias de diagnóstico e remediação de poluentes potencialmente impactantes de clínicas de Nefrologia, aplicando técnicas de Produção Mais Limpa e bioensaios.

O presente estudo tem como objetivo identificar, diagnosticar e remediar poluentes potencialmente impactantes de clínicas de Nefrologia, aplicando técnicas de Produção Mais Limpa e bioensaios.

MATERIAIS E MÉTODOS

A execução experimental deste trabalho foi a partir das cinco fases estabelecidas pelo CNTL-SENAI/RS a partir da metodologia da UNEP, onde se configura as seguintes etapas, caracterização do local de estudo; diagramação do processo produtivo; inventário quantitativo do processo; estabelecer os impactos ambientais e prognósticos de P+L.

O presente trabalho foi realizado em um clínica de nefrologia (Hemodiálise) localizado em um município do Vale do Rio Pardo, RS, Brasil, que possui no momento 100 pacientes em tratamento contínuo, estando dividido em dois turnos (Figura 1) esta presente a utilização de produtos químicos; na criteriosa avaliação estima-se quantitativamente o descarte de resíduos assim como para o consumo mensal de água proveniente de poço artesiano.

As ações impactantes foram determinadas a partir de observações e de entrevistas. Após identificação das ações utilizou-se o método da matriz de interação de Leopold, na qual foi possível identificar, qualificar, medir e interpretar as abrangências das ações impactantes sobre os fatores ambientais determinados³. Este método consiste em dispor as ações impactantes, ou agentes causadores, e suas respectivas modificações sobre os fatores ambientais, gerando assim um controle bidimensional de redes de interação.

O inventário ambiental em andamento ainda será completado com os dados diretos, via ensaios ecotoxicológicos crônicos com *Ceriodaphnia dubia* Richard 1894, e agudos com *Daphnia magna* Straus 1820, além de avaliação de potencial toxicidade genética com *Allium cepa*, Lineu.

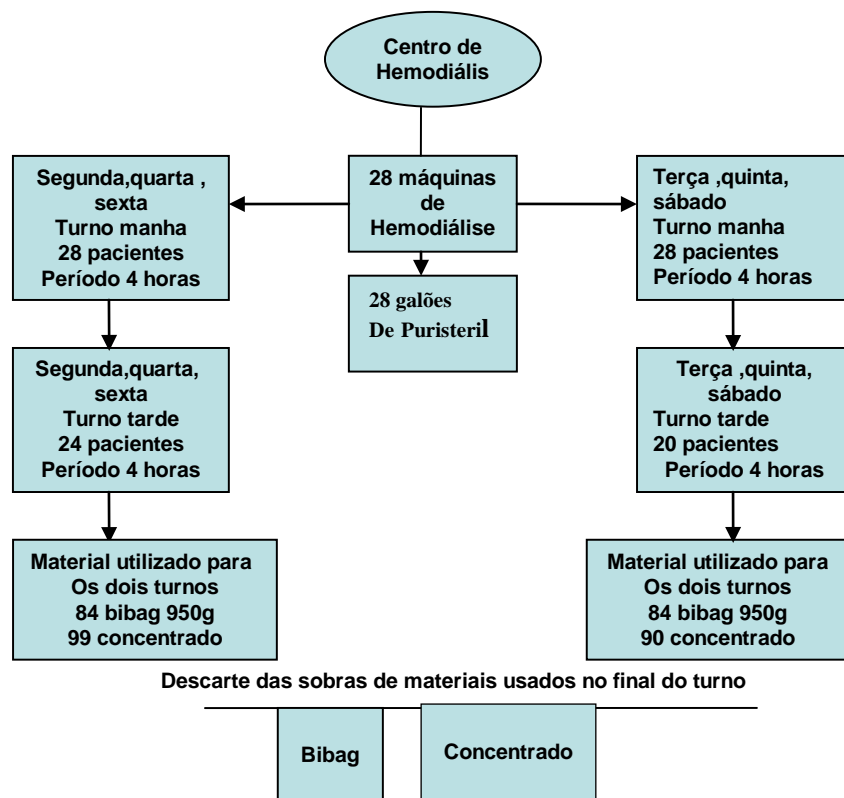


Figura 1: Estudo do fluxograma do processo funcional do centro de hemodiálise.

RESULTADOS

A partir da caracterização do local de estudo, do diagrama e do inventário quantitativo do processo produtivo foram determinados as entradas de insumos, energias e materiais e as saídas de efluentes e resíduos sólidos, (Figura 2).

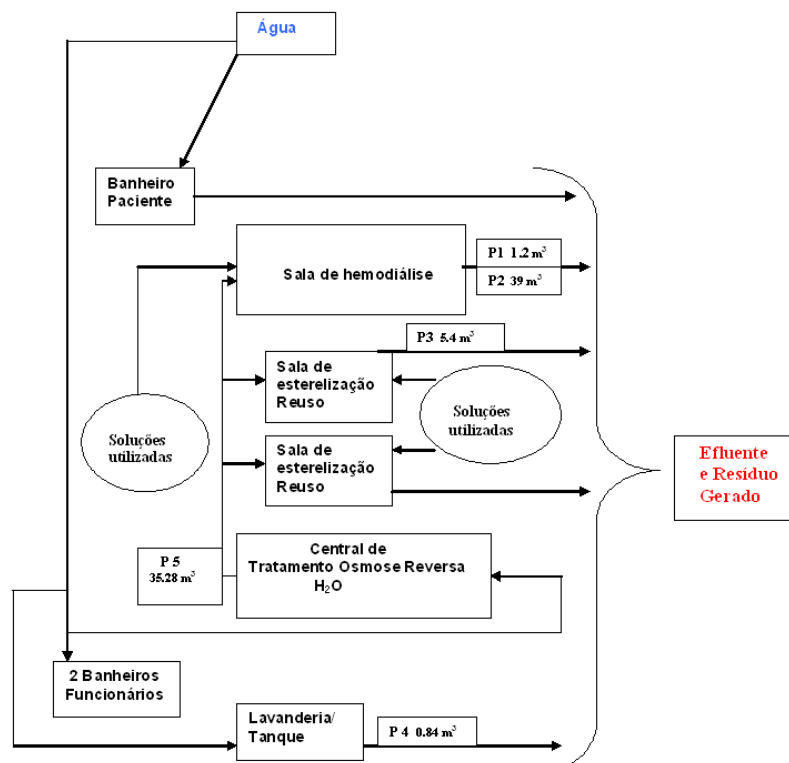


Figura 2: Fluxograma global do processo hemodialítico, e estimativas do volume gerado nos determinados pontos.

Foram determinadas com base na Matriz de Leopold à avaliação do Impacto Ambiental (AIA).

Tabela 1: Matriz de identificação qualitativa de impactos ambientais do processo hemodialítico.

CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

	ATIVIDADES IMPACTANTES	MEIO BIÓTICO							MEIO ANTRÓPICO						
		Recursos Hídricos				Biosfera			Risco de contaminação humana	Economia local	Infra-estrutura	Tecnologia	Qualidade de vida	Saúde	Desenvolvimento Regional
		DOO, Tensão superficial	Agentes Patogênicos	Ecotoxicidade	Poluentes Orgânicos Persistentes	Alterações genéticas	Toxicidade org. alvo	Limitação da Função de hábitat							
Recepção do Paciente de Espera	Uso de sanitário	NDL CTV	ND LC TV	---	----	---	---	----	---	PI RC AV	PDL CAV	PD LC AV	PD LC AV	PD LC AV	PILM AV
	Alimentação	----	---	---	----	---	---	----	---	PD LC YV	PDL CAS	PD RC TV	PD R OY V	PD RM YV	PILM YV
	Higienização da sala de espera	NDL CYV	ND LC YS	(X)	NDLC YS	(X)	(X)	(X)	NIL CYS	PD LC YV	PDL CAS	PD LC AV	PD LC YV	PD LC YV	PILC YV
Preparo de Materiais	Desinfecção de máquina de Hemodiálise	NDL CYS	ND LC YS	(X)	NDLC YS	(X)	(X)	(X)	NIL CYS	PIL CA V	PDL CAS	PD LC AV	PD RC AV	PD RC AV	PILC YS
	Lavagem de Linhas e Dialisadores	NDL CYS	ND LC YS	(X)	NDLC YS	(X)	(X)	(X)	NIL CYS	PIL CY V	PDL CAS	PD LC AV	PD RC YV	PD RC YV	PILC YV
Processo Hemodialítico	Higienização da FAV	NILC YS	NIL CY S	(X)	NILCY S	(X)	(X)	(X)	NIL CYS	PIL CY S	PDL CAS	PD LC AV	PD RC YV	PD RC YV	PILC YV
	Preparação do paciente	NILC YS	ND LC YS	(X)	NDLC YS	(X)	(X)	(X)	NIL CYS	PIL CY S	PDL CAS	PD LC AV	PD RC YV	PD RC YV	PILC YV
	Início do processo Hemodialítico	NDL CYS	ND LC YS	(X)	NDLC YS	(X)	(X)	(X)	NIL CYS	PIL CY S	PDL CAS	PD LC AV	PD RC YV	PD RC YV	PILC YV
	Final do processo Hemodialítico	NDL CYS	ND LC YS	(X)	NDLC YS	(X)	(X)	(X)	NIL CYS	PIL CY S	PDL CAS	PD LC AV	PD RC YV	PD RC YV	PILC YV
	Desinfecção da máquina	NDL CYS	ND LC YS	(X)	NDLC YS	(X)	(X)	(X)	NIL CYS	PIL CY S	PDL CAS	PD LC AV	PD RC YV	PD RC YV	PILC YV
Sala de esterilização (reuso)	Lavagem de capilares com água nanofiltrada	NDL CYS	ND LC YS	(X)	NDLC YS	(X)	(X)	(X)	NIL CYS	PIL CY S	PDL CAS	PD LC AV	PD RC YV	PD RC YV	PILC YV
	Lavagem das Linhas com água quente corrente	NDL CYS	ND LC YS	(X)	NDLC YS	(X)	(X)	(X)	NIL CYS	PIL CY S	PDL CAS	PD LC AV	PD RC YV	PD RC YV	PILC YV
	Esterelização das gavetas com cloro e água nanofiltrada	NDL CYS	ND LC YS	(X)	NDLC YS	(X)	(X)	(X)	NIL CYS	PIL CY S	PDL CAS	PD LC AV	PD RC YV	PD RC YV	PILC YV
Higienização do Ambiente	Higienização dos Assentos	NDL CYS	NIL CY S	(X)	NILCY S	(X)	(X)	(X)	NIL CYS	PIL CY S	PDL CAS	PD LC AV	PD RC YV	PD RC YV	PILC YV
	Lavagem de lençóis e fronhas	NIRC YS	NI RC YS	(X)	NILCY S	(X)	(X)	(X)	NIL CYS	PIL CY S	PDL CAS	PD LC AV	PD RC YV	PD RC YV	PILC YV
	Desinfecção do local.	NDL CYS	NIL CY S	(X)	NDLC YS	(X)	(X)	(X)	NIL CYS	PIL CY S	PDL CAS	PD LC AV	PD RC YV	PD RC YV	PILC YV

Legenda: P – positivo, N – negativo, D – direto, I – indireto, L – local, R – regional, E – estratégico, C – curto prazo, M – médio prazo, O – longo prazo, T – temporário, Y – cíclico, A – permanente, V – reversível, S – irreversível. (X) – Dados a ser avaliados.

Os impactos ambientais associados a atividades das clínicas de saúde são variados, incluindo ação patogênica das águas servidas, intenso consumo de água de abastecimento (100 pacientes em tratamento contínuo = 84.000 L por semana p/ o setor de hemodiálise), insumos químicos com ação oxidante, tensoativos e agentes de desinfecção.

No processo produtivo da clínica de hemodiálise foram identificadas cinco fases contendo 16 ações ambientais, que atuam sobre 14 fatores, resultando em 224 impactos ambientais e 154 impactos identificados até o momento.

Do total de impactos avaliados até o momento, 62,3% foram positivos e 37,7% negativos; com relação à ordem, os impactos foram 64,3% diretos e 35,7% indiretos; o critério espacial apresentou uma proporção de 78,6% de impactos locais e 21,4% de impactos regionais; o critério tempo teve 97,4% de impactos considerados de curto prazo, 2% de médio prazo e 0,6% longo prazo; o critério dinâmico apresentou 2% de impactos de caráter temporário, 73,4% de caráter cíclico e 24,7% de impactos com caráter permanente; nos critérios plástico identificaram-se ações impactantes de 46,7%, reversíveis e 53,2% irreversíveis (Tabela 1).

Para avaliação ecotoxicológica com o microcrustáceo *Daphnia magna* Straus foram coletadas 20 amostras de cinco pontos distintos (P1 tanque de higienização, P2 sala de hemodiálise, P3 sala de esterilização, P4 tanque de descarte, P5 central de tratamento, água utilizada para abastecimento interno) de efluente bruto, entre os meses de abril e junho de 2010. Realizaram-se testes ecotoxicológicos com a espécie *Daphnia magna*, seguindo a norma técnica ABNT 12712 (2004), para o manejo, cultivo e testes.

Os resultados preliminares indicaram que o efluente do P1, P2, P3, P4, apresentaram uma CE (I)50% 48h (média \pm desvio-padrão): $7,6 \pm 2,1\%$ (n = 4; CV = 28,2%); $21,2 \pm 24,7\%$ (n = 4; CV = 116,3%); $18,9 \pm 13,8\%$ (n = 4; CV = 72,8%); $16,1 \pm 19,4\%$ (n = 4; CV = 120,7%) correspondendo em ambos os casos a uma condição de extremamente tóxico, porém o P5 não apresentou toxicidade.

Para ensaios crônicos, com *Ceriodaphnia dubia* Richard 1894, e avaliação de potencial de toxicidade genética com *Allium cepa*, Lineu, estão em determinação, bem como os dados analíticos de carga orgânica e iônica.

Com base nas informações obtidas, técnicas simples foram empregadas: como reciclagem interna, separação de resíduos sólidos, foi instalada pela própria empresa um sistema de controle (setor higienização) para uso de tensoativos, assim como outras medidas que estão em processo de implantação, (Tabela 2).

Tabela 2. Medidas de produção mais limpa sugerida a empresa para redução de potenciais impactos ambientais.

Ações de P+L de Curto Prazo para Clínica de Nefrologia		
Ações	Descrição	Potenciais Redução de Impactos Ambientais
Reuso de soluções usadas no processo hemodialítico	2 Ciclos	Redução dos índices de efluentes; Redução da presença dos oxidantes que confere potenciais choques de carga a microfauna aquática.
Melhoria no consumo de água Tratada "Osmose Reversa"	Estudar formas de armazenamento que permita segurança clínica a sua aplicação	Redução para um uso mais eficiente configurando ganhos ambientais
Reciclagem interna com fins lucrativos	Separação de materiais "papel e plástico"	Redução de resíduos sólidos.
Implantação do Sistema de Gerenciamento Ambiental	Formação de uma organização responsável	Prevenção e minimização, proporcionando a empresa alternativas para o desenvolvimento de um processo eco-eficiente.
Substituição de matéria-prima	Embalagens ambientalmente adequadas, Escolha de matérias-primas com menor possibilidade de gerar subprodutos indesejáveis.	Minimização de resíduos
Modificação no produto (substituição de Cloro por produto biodegradável)	Reduzir o número de produtos utilizados para desinfecção (Cloro- Ácido Peracético)	Reduzir a complexidade dos processos utilizando produtos biocompatíveis e presentes na natureza.

CONCLUSÕES

As ferramentas de avaliação de impactos demonstraram ser intensivas o consumo de água nos procedimentos de serviços de saúde na clínica nefrológica ($20 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ para cinquenta pacientes), auxiliando na identificação de pontos críticos do sistema a serem melhorados, principalmente no que tange o consumo adequado de água e a atenuação de efluentes líquidos e sólidos, resultando assim em melhorias econômicas e ambientais da atividade. Do ponto de vista da ecotoxicologia, os resultados obtidos com o organismo teste *Daphnia magna*, indicaram que o efluente de clínicas de hemodiálise são extremamente tóxicos. Os impactos ambientais ao sistema hídrico relacionam potencial toxicidade, patogenicidade e poluentes orgânicos persistentes (em determinação). Proposições de reúso da água da osmose (nanofiltrada) e segregação dos efluentes incluem algumas das sugestões para acentuar medidas de P + L, bem como a conscientização da equipe e comprometimento, para manter a implantação das novas técnicas já empregadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- BURG, Geni.; SILVEIRA Djalma Dias. *Proposta de um modelo de gestão ambiental para serviços de Nefrologia*. Artigo publicado 2007 UFSM RS.
- 2- CNTL Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS. Cinco Fases da Implementação de Técnicas de Produção Mais Limpa. Série Manuais de Produção mais Limpa. 95 pg. Porto Alegre, 2003.
- 3- LEOPOLD, L. B. et al. A procedure for evaluating environmental impact. Wahington, D. C., Geological Survey Circular, 1971. 645p.