



# GESTÃO E RECUPERAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS EM LABORATÓRIOS DE METALURGIA<sup>1</sup>

Carlos Alberto Mendes Moraes<sup>2</sup>  
Thiago Soares Zezzi<sup>3</sup>  
Rodrigo Brau Verez<sup>4</sup>  
Luísa Simon<sup>5</sup>  
Jonas Tiago Martins da Silva<sup>6</sup>  
Daiane Calheiro<sup>7</sup>

## Resumo

Laboratórios de pesquisa ou industriais, mesmo não gerando resíduos e efluentes nos níveis gerados no setor de produção, vêm construindo um gerenciamento adequado, pois estes resíduos mesmo em menor quantidade podem gerar alto grau de impacto ambiental em função da periculosidade e toxicidade de seus resíduos e efluentes. A necessidade de melhoria continua em termos ambientais no Laboratório de Metalurgia Física (Lamef) da Unisinos é uma premissa para a continuidade do Sistema de Gestão Ambiental da Unisinos certificada pela ISO 14001 desde 2004. O objetivo do presente artigo é, focando nos impactos ambientais causados por resíduos gerados em laboratórios de metalurgia física e a possível recuperação dos resíduos oriundos da preparação de amostras metálicas para análises metalográficas, descrever uma metodologia prática para coletar, quantificar e caracterizar os resíduos gerados nas atividades de preparação de amostras, como base de informação para viabilizar o aproveitamento de resíduos como co-produtos em outras aplicações.

**Palavras-chave:** Gestão; Resíduos; Caracterização; Laboratório; Metalurgia.

## MANAGEMENT AND RECOVERING OF WASTES GENERATED IN METALLURGY LABORATORY

### Abstract

Research or industry laboratories, even generating wastes and effluents much less than the production sectors, have building a more adequate management, because those wastes also can generate a high environmental impact as a function of the hazardousness and toxicity of them. The need of continuously increasing the environmental performance of the Physical Metallurgy Laboratory is a premise in the continuity of the environmental management system of UNISINOS, which was certified by ISO 14001 in 2004. The aim of this work is, focusing in the environmental impacts caused by wastes generated in the laboratory and the possible recovering of wastes generated from metallic samples preparation to metallographic analysis, to describe a practical methodology to collect, quantify and characterize the wastes as a way to become possible the recycling them as byproducts to other application.

**Key words:** Management; Wastes; Characterization; Laboratory; Metallurgy.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>2</sup> Membro da ABM, Prof. Dr. – PPG Engenharia Civil - Núcleo de Caracterização de Materiais

<sup>3</sup> (NucMat) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos/UNISINOS. Av. Unisinos, 950 São Leopoldo – RS, Brasil, CEP 93022-000, e-mail: cmoraes@uinisinos.br.

<sup>4</sup> Técnico em Química e Graduando de Eng. Mecânica, laboratorista do Lab. De Metalurgia da Unisinos, e-mail: tszezzi@uinisinos.br

<sup>5</sup> Graduando em Eng. Mecânica, laboratorista do Lab. De Metalurgia da Unisinos, e-mail: rbrau@uinisinos.br

<sup>6</sup> Graduando em Eng. Mecânica, estagiária do Lab. De Metalurgia da Unisinos, e-mail: luly\_121@hotmail.com

<sup>7</sup> Graduando em Eng. Mecânica, estagiário do Lab. De Metalurgia da Unisinos, email: onas.tms@gmail.com

<sup>8</sup> Gestora Ambiental, pesquisadora do NucMat – Unisinos, e-mail: dcalheiro@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

A Gestão dos Resíduos Sólidos no Brasil é um ciclo que necessita de soluções concretas e inovadoras, que promovam a redução da geração e o favorecimento da reciclagem. Em função disso, há uma vasta gama de pesquisas em andamento em inúmeros laboratórios no país e no mundo na busca de soluções para a geração de resíduos.<sup>(1)</sup> Além da preocupação crescente com os impactos gerados pelo ser humano ao meio ambiente, também há a motivação pela busca de novas tecnologias e processos que promovam a recuperação e reutilização desses resíduos.<sup>(2)</sup> Esta necessidade é atualmente discutida em praticamente todos os campos da sociedade.

Para tanto, como em todos os processos, principalmente processos novos que incluam novas tecnologias, é fundamental uma gestão planejada que verifique sua eficácia, controle e monitoramento de resultados, com o intuito de determinar se o objetivo proposto ao processo foi efetivamente alcançado e verificar a viabilidade de possíveis melhorias.

Estima-se que 1% do total de resíduos perigosos produzidos em um país desenvolvido, são provenientes de laboratórios de pesquisa,<sup>(3)</sup> portanto, as universidades e centros de pesquisa, aliadas às práticas de Gestão Ambiental, criaram modelos de gerenciamento de resíduos, respeitando desde os tipos e volumes desses materiais, até as restrições impostas pelos órgãos de fiscalização ambiental estaduais, a fim de conhecer e gerenciar seus resíduos, buscam uma atitude que visa contribuir para o desenvolvimento sustentável e adequação à legislação vigente.<sup>(4)</sup>

Novas tecnologias, cada vez mais empregadas em laboratórios, estão contribuindo para a diminuição da geração de resíduos. Isso porque essas novas tecnologias, também por uma exigência do mercado, tendem a ser mais rápidas e menos destrutivas, ou seja, conservam a amostra em seu estado mais original possível, necessitam de menor grau de preparação, e conseqüentemente, utilizam menores quantidades de insumos, como por exemplo, a análise de Fluorescência de Raios-X, que sem destruir a amostra, substitui com alto grau de eficiência a análise de Absorção Atômica, que além de ser uma análise destrutiva, também gera efluentes químicos, podendo esta amostra ainda ser aproveitada em outros ensaios.

A Unisinos (Universidade do Vale do Rio dos Sinos), sediada no município de São Leopoldo/RS, e que abriga o laboratório de Metalurgia Física utilizado como base para esse artigo, preocupa-se com sua posição ecologicamente correta já há algum tempo. Diante da necessidade de discutir, estudar e criar ações operacionais para questões ambientais e de coleta de lixo, consumo de água, áreas verdes, entre outras, em 1996 um grupo de funcionários da Unisinos reuniu-se com esse intuito. À medida que os temas eram levantados, percebia-se a necessidade de incorporar à equipe professores e pesquisadores capazes de contribuir com análises técnicas. Então, criou-se um projeto chamado Verde Campus, aprovado em 1997, que objetiva direcionar ações ambientais na UNISINOS visando à preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, assegurar condições de desenvolvimento sócio-econômico, segurança do trabalho, proteção da vida e qualidade ambiental, operacionalizar tarefas técnicas referentes ao meio ambiente sob o enfoque da sustentabilidade e implantar o Sistema de Gestão Ambiental na Unisinos.

Neste mesmo ano, o primeiro projeto lançado foi a coleta seletiva de papel, e iniciou-se o trabalho junto à Diretoria do Câmpus, com o Verde Câmpus prestando consultoria às suas ações. Já em 2002, depois da aprovação do projeto de busca da

certificação ambiental do campus, uma nova etapa iniciou. No ano seguinte deu início às atividades de implantação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) na Unisinos, que recebeu a certificação ISO 14001 em 2004,<sup>(5)</sup> atestando que a Instituição cumpre todas as normas para reduzir o impacto de suas atividades sobre o ambiente natural e a partir de então, passou a ser a primeira universidade da América Latina a obter o certificado.

Este trabalho tem, portanto, como objetivo dar continuidade a umas premissas de um SGA, a melhoria contínua. Especificamente com relação ao LAMEF, objetivou-se, coletar, quantificar e caracterizar os principais resíduos gerados em um laboratório de metalurgia física, visando sua gestão e recuperação em pesquisas futuras, com o intuito de minimizar, ou até mesmo neutralizar seu impacto no meio-ambiente.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O processo de Gestão e Recuperação de Resíduos Gerados em Laboratórios de Metalurgia aplicado ao Laboratório de Metalurgia Física da Unisinos, subdividiu-se em três etapas principais:

Na primeira etapa, realizou-se o levantamento dos resíduos e efluentes gerados e suas origens. Na segunda etapa, iniciou-se a aplicação do tratamento básico necessário, de maneira que todos os processos estivessem totalmente de acordo com os requisitos estipulados pela NBR ISO 14001,<sup>(6)</sup> seguido pela implementação da coleta e armazenagem de alguns resíduos e efluentes. A coleta e armazenagem desses resíduos contemplaram o início de estudos mais detalhados sobre a composição e a quantidade gerada.

Por fim, a terceira etapa reservou-se para o desenvolvimento de metodologias e projeção de equipamentos mais elaborados e específicos que possam com a sua futura implementação, recuperar os resíduos e efluentes descartados de forma mais eficiente, visando a reutilização, ou aplicação em outra finalidade.

Abaixo, seguem a descrições, com maiores detalhes, das etapas mencionadas.

### **2.1 Primeira Etapa: Levantamento dos Resíduos, Efluentes e Suas Origens**

Como primeira etapa para implementação de um sistema de gestão de resíduos, pesquisou-se os resíduos e efluentes gerados no Laboratório de Metalurgia da Unisinos. Da mesma forma, vislumbrando o estudo e a possibilidade de implementação de sistemas de tratamentos futuros, realizou-se também o levantamento da origem desses resíduos obtendo-se a relação apresentada na Tabela 1.



**Tabela 1. Resíduos identificados e suas origens**

<b>Resíduo</b>	<b>Descrição e origem</b>
Alumina (Óxido de Alumínio)	A Alumina dissolvida em água, é utilizada como abrasivo para polimentos de peças metálicas ferrosas. É utilizada em conjunto com uma "Politriz", equipamento com sistema de disco rotatório de rotação moderada que realiza o polimento das peças à partir da fricção entre uma flanela embebida em Alumina e a peça. A Politriz por sua vez, ao girar, tende a empurrar a Alumina para fora do disco que fica acumulado em um sistema de contenção e posteriormente é guiada por tubulação para fora do equipamento.
Pó metálico	Oriundo do processo de lixamento superficial das peças metálicas onde serão aplicadas análises metalográficas. Realizado com lixas de granulações diversas sob superfície plana (geralmente vidro) e arraste do particulado metálico desprendido pela passagem constante de um lâmina de água, gera um fino pó que parte é arrastado pela água para fora da cuba de retenção, parte permanece como corpo-de-fundo dentro da cuba metálica, que serve como retentor dessas partículas.
Carepa	É a película de óxido de ferro que se forma na superfície de ligas ferrosas quentes quando as peças metálicas são submetidas a algum tipo de tratamento térmico. Se a peça é tratada apenas dentro do forno, a carepa é facilmente coletada, porém, ao utilizar-se água ou óleo para o processo de têmpera, gera uma nova combinação contaminada.
Discos de corte	São utilizados em combinação com as "Policortes", equipamentos com eixo rotativo, para o corte de peças metálicas. Se descuidados durante sua operação, são facilmente quebrados.
Fluído de corte	Mistura de óleo para corte e água, também são utilizados em combinação com as "Policortes", pois lubrificam o contato entre o disco e a peça facilitando o corte e estendendo a vida útil do disco. Possuem uma vida útil alta, porém, sofrem constante contaminação pelos finos metálicos e pelo resíduo proveniente do desgaste dos discos, gerados durante o processo de corte.
Resina de embutimento	Resinas acrílicas fornecem uma maior base para peças metálicas pequenas que precisam ser trabalhadas no laboratório. Ao final das análises, caso não haja interesse em manter-se o metal estudado, a resina perde sua função. É então quebrada e separada da peça metálica.
Efluente ácido e básico	Para a realização de estudos metalográficos alguns ácidos são necessários para ataques químicos das peças metálicas. Em geral, estes ácidos utilizados são de baixa concentração gerando um efluente ácido bastante diluído. Juntamente com este efluente, algumas outras soluções são também acondicionadas nestas mesmas bombonas.
Algodão	Utilizado para fins comuns, como por exemplo, a secagem da superfície de peças metálicas.
Papel	Utilizados para fins comuns.
Vidro	São provenientes de vidrarias quebradas, ou frascos de reagentes vazios. Podem ser contaminados ou não.
Plástico	Provenientes de utensílios comuns, de laboratório ou embalagens de reagentes. Podem ser contaminados ou não.
Metal	Geralmente provenientes de restos de amostras ou peças de equipamentos em desuso.

## 2.2 Segunda Etapa: Coleta e Quantificação

No segundo momento, aplicaram-se tratamentos específicos, conforme NBR ISO 14001,<sup>(6)</sup> a cada um dos resíduos e efluentes identificados no momento anterior. Implementou-se também métodos simples de coleta, armazenagem e quantificação, que são descritos abaixo, gerando os dados apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Identificação dos resíduos e métodos de tratamentos aplicados.

Resíduo	Período de coleta	Quantidade coletada	Método de coleta, quantificação e tratamento aplicado
Alumina (Óxido de Alumínio)	semanal	0,3 L	Armazena-se em bombonas de polietileno, quantificando-se pela capacidade nominal do recipiente, e trata-se de acordo com a instrução operacional (IO19) <sup>(7)</sup> do sistema de gestão ambiental da Unisinos.
Pó metálico	semanal	35 g	Filtra-se a água de arraste durante o processo de lixamento e limpeza da cuba de lixamento também com a utilização de filtro. O resíduo metálico é então identificado, seco em estufa para retirada de umidade, pesado (desconsiderado-se a massa do filtro) e armazenado em embalagens específicas.
<b>Carepa:</b>			
<i>Têmpera com água</i>	semanal	50 g	Aplica-se um sistema de filtragem que consiste em uma tela colocada sobre o ralo de escoamento no caso de têmpera com água para coleta do resíduo. Na têmpera com óleo, aplica-se a tela de coleta ao fundo da cuba de óleo. O resíduo metálico é então retirado, pesado, recebe uma identificação e é armazenado em embalagens específicas, separando as carepas coletadas da água e contaminadas com óleo.
<i>Têmpera com óleo</i>		50 g	



<i>Recozimento e Normalização</i>		70 g	Utiliza-se de sistema de aspiração para coleta. O resíduo metálico é pesado, identificado e armazenado em embalagens específicas.
<b>Discos de corte</b>	mensal	200 g	Classificados como Resíduos Sólidos Classe II - Não Perigosos, são coletados, pesados e encaminhados para a Central de Resíduos Unisinos e seguem a destinação determinada pela NBR ISO 14001 <sup>2</sup>
<b>Fluído de corte</b>	semestral	30 L	Coleta-se o fluído com aplicação de filtragem dos finos. Verifica-se o peso e volume. Ambos são então identificados e armazenados em embalagens específicas para futuras pesquisas de recuperação e aplicações.
<b>Resina de embutimento</b>	mensal	400 g	Classificados como Resíduos Sólidos Classe II - Não Perigosos. Desta forma, são coletados, pesados e encaminhados para a Central de Resíduos Unisinos e seguem a destinação determinada pela NBR ISO 14001:2004
<b>Efluente ácido e básico</b>	semestral	100 L	
<b>Algodão</b>	2 dias	30 g	Armazenagem, tratamento e destinação de acordo com a instrução operacional (IO19) do sistema de gestão ambiental da UNIINOS.
<b>Papel</b>	2 dias	35 g	
<b>Vidro</b>	2 dias	20 g	
<b>Plástico</b>	2 dias	40 g	
<b>Metal</b>	2 dias	300 g	

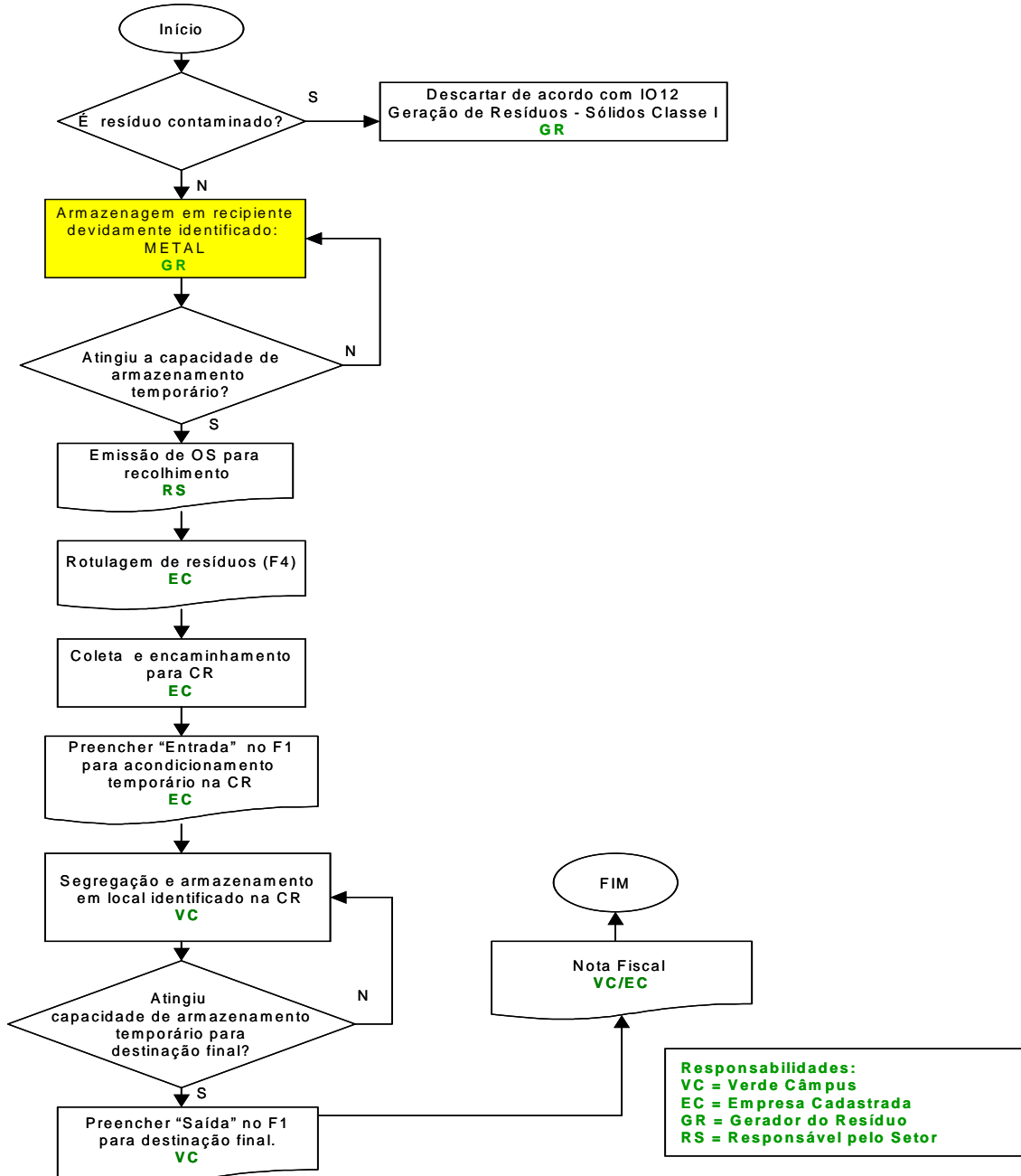
Para que haja uma padronização dos tratamentos e metodologias de coletas aplicadas, visando a eficácia contínua do sistema e constância na qualidade dos resíduos e efluentes coletados, instruções de execução de cada método foram elaboradas.

Da mesma forma, todos os executantes receberam treinamento para execução adequada das metodologias, sendo exceção aos pontos anteriores citados, apenas os resíduos classificados como “Resíduos Domésticos”, que por não possuírem nenhuma particularidade específica ou sistema diferenciado de coleta provenientes do laboratório, e que, por exigência da Unisinos de que todos os integrantes e colaboradores da empresa recebam instruções e treinamento sobre o SGA Unisinos (Sistema de Gestão Ambiental Unisinos), tiveram referenciados apenas a IO1 (instrução operacional especificada no SGA Unisinos) no campo “Tratamento atual aplicado”.<sup>(8)</sup>



A instrução operacional que mais se aproxima da realidade de gestão do laboratório em estudo é a IO4,<sup>(9)</sup> cujo fluxograma é apresentado na figura 1, que representa parte dos resíduos gerados. Trata-se de uma forma sucinta, porém rápida de visualizar a gestão dos resíduos via SGA-UNISINOS. Esta IO está sendo modificada a partir do presente trabalho para melhor se adequar à geração da grande gama de resíduos gerados.

**Geração de Resíduos - Pedacos de Metal, Cavaco e Aciaria**



Fonte: Universidade do vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Sistema de Gestão Ambiental (SGA)<sup>4</sup>. NBR ISO 14001:2004.

Figura 1. IO 4 – Geração de resíduos – pedacos de metal, cavaco e fundição<sup>(9)</sup>.

## **2.3 Terceira Etapa: Desenvolvimento de Metodologias e Projetos de Equipamentos Específicos**

Nesta terceira etapa, realizou-se o estudo mais elaborado e desenvolvimento de metodologias, equipamentos de coleta e quantificação, visando a recuperação desses resíduos de forma mais eficiente e viabilizando a possibilidade de seu reuso, ou de estudos aprofundados com enfoque na sua utilização em novas aplicações. A seguir estão descritos as novas metodologias desenvolvidas, que estão em fase de implementação no Laboratório de Metalurgia Física da Unisinos.

### **2.3.1 Alumina**

Em função de sua característica abrasiva, gera um resíduo com partículas de ligas ferrosas, como já citado anteriormente. O processo de coleta será o mesmo utilizado atualmente, ou seja, a Alumina é coletada para um recipiente, inerte a ela sob o aspecto químico. A diferença principal encontra-se no tratamento que será oferecido posteriormente à coleta do resíduo. Consiste basicamente em utilizar um sistema imantado para retirada de partículas ferrosas da Alumina e decantá-la pela ação da gravidade, de forma que se concentre ao fundo do recipiente. A água excessiva é então retirada por um sistema específico a esta função, e a dissolução da Alumina novamente ajustada à sua concentração ideal. O produto é então embalado em recipiente limpo, livre de contaminações, analisada a sua composição elementar para verificação de possíveis elementos contaminantes, e colocado novamente em uso.

### **2.3.2 Pó de lixamento**

O pó proveniente do processo de lixamento de amostras metálicas é arrastado para dentro da cuba de contenção. Parte desse pó permanece decantando na cuba, a outra parte, permanece suspenso na água de arraste e é retido por um filtro instalado na saída da tubulação de escoamento da cuba como é utilizado atualmente. O diferencial do novo processo proposto é a condução da água utilizada como fluído de arraste, até então descartada em esgoto normal, para um sistema de tratamento e retirada de possíveis partículas metálicas remanescentes do processo de filtragem, sendo após, conduzida novamente para as cubas de lixamento, reiniciando o processo, ou seja, reutilizando a água no sistema por um processo de recirculação.

A limpeza da cuba, conforme instrução de execução pertinente, deverá ser realizada periodicamente para retirada dos demais particulados decantados, evitando a saturação do sistema, aumentando sua eficiência. A qualidade da água também deverá ser monitorada periodicamente, verificando-se a presença elevada de elementos metálicos que possam causar contaminações nas amostras.

### **2.3.3 Carepa**

O principal problema do sistema atualmente utilizado é a variação das dimensões das carepas formadas, muitas vezes pequenas, o que dificulta consideravelmente sua coleta. Para as carepas desprendidas durante o processo de têmpera em água, o novo projeto consiste na inserção de um sistema de coleta dentro da tubulação de escoamento de água do tanque de resfriamento, de forma que ao escoar o fluído, a própria força de arraste e angulação aplicada ao fundo do tanque, conduza as carepas, de diferentes tamanhos, diretamente ao sistema,



deixando-as armazenadas em um compartimento de rápida e fácil retirada. Já para as carepas desprendidas durante o processo de têmpera a óleo, o sistema de coleta será modificado com a aplicação de um compartimento ao fundo da cuba de óleo, de maneira que possam ser concentradas e facilmente retiradas.

Da mesma forma, como aplicado no sistema atual, posteriormente as carepas receberão identificação e armazenagem adequadas visando o estudo futuro e viabilização de seu uso.

### **2.3.4 Fluido de corte**

O projeto consiste em realizar além da filtragem, já empregada atualmente para retirada de resíduos e particulados indesejados, a reciclagem e reutilização do fluido, com a aplicação de técnicas de destilação para retirada da água, e análises químicas e elementares comparativas para verificação de sua qualidade. O fluido será então armazenado com identificação específica, e novamente utilizado. Já o filtrado será analisado quimicamente para a determinação aproximada de sua composição, identificado e armazenado adequadamente visando o estudo futuro e viabilização de seu uso.

## **3 CONCLUSÃO**

A gestão eficiente de resíduos e efluentes de laboratórios de metalurgia física depende primeiramente de um estudo bem aplicado, de forma a caracterizar física e quimicamente sua composição. Este estudo e caracterização podem agregar não apenas valores ambientais, com o tratamento e destino correto a esses resíduos, mas também permite que novas tecnologias e melhorias operacionais sejam desenvolvidas e aplicadas, facilitando a rotina, agregando economia ao laboratório e viabilizando novas fontes de estudo para possíveis aplicações desses resíduos.

Pode-se concluir então, de forma muito positiva, que a busca cada vez maior da diminuição na geração de resíduos, quando analisada individualmente em cada processo utilizado, alimenta idéias muitas vezes simples, mas que podem sim reduzir drasticamente os impactos ambientais das técnicas e processos executados atualmente em laboratório.

## **4 AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao SGA UNISINOS a oportunidade de implementar ações para redução do impacto ambiental gerado pelo laboratório, e a UNISINOS pelas bolsas de estágio de alguns autores.

## **REFERÊNCIAS**

- 1 TARDIO, Olga L. H. A questão dos resíduos industriais. Informativo publicado pelo Conselho Temático de Meio Ambiente da FIEPE. n°02. ano I. jul 2008.
- 2 A química verde no Brasil. Artigo publicado no site da UFPel (Universidade Federal de Pelotas). Disponível pelo site: <http://www.ufpel.tche.br/iqg/wwverde/html/Brasil.htm> > Acessado em: 25/02/2010



- 3 ASHBROOK, P. C. & REINHARDT, P. A. 1985. Hazardous waste in academy. *Environmental, Science & Technologic*. v 19. n 2. p 1150-1155.
- 4 TAUCHEN, Joel; BRANDLI, Luciana L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. *GESTÃO & PRODUÇÃO*, v.13, n.3, p.503-515, set.-dez. 2006.
- 5 CERTIFICAÇÃO ISO 14001. Certificado do Sistema de Gestão Ambiental da UNISINOS,
- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14001: Sistemas da gestão ambiental – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.
- 7 GOMES, Luciana P. SGA UNISINOS; (Coord.). IO19 – Operação da ETE UNISINOS. Disponível em: [www.minha.unisinos.br/sga](http://www.minha.unisinos.br/sga). Acesso restrito em 23/02/2010.
- 8 GOMES, Luciana P. SGA UNISINOS; (Coord.). IO01 – Geração de Resíduos – Resíduos Sólidos Domésticos. Disponível em: [www.minha.unisinos.br/sga](http://www.minha.unisinos.br/sga). Acesso restrito em 23/02/2010.
- 9 GOMES, Luciana P. SGA UNISINOS; (Coord.). IO4 – Geração de resíduos – pedaços de metal, cavaco e fundição. Disponível em: [www.minha.unisinos.br/sga](http://www.minha.unisinos.br/sga). Acesso restrito em 23/02/2010.