

ESTUDO DAS PRÁTICAS DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS NA USINAGEM DOS MATERIAIS

STUDY OF THE PRACTICES FOR DISPOSAL OF WASTE GENERATED IN THE MACHINING OF MATERIALS

ESTUDIO DE LAS PRÁCTICAS DE ELIMINACIÓN DE RESIDUOS GENERADOS EN EL MECANIZADO DE MATERIALES

 <https://doi.org/10.56238/arev7n8-157>

Data de submissão: 14/07/2025

Data de publicação: 14/08/2025

Sandro da Costa Silva

Doutorado em Engenharia Mecânica

Instituição: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

E-mail: sandro.siva@cefetmg.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8190-3217>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3979628431592189>

Vinicius Melo Cangussu

Doutorando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

E-mail: viniciusmelocangussu@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3859-4559>

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/4986592370616008>

RESUMO

A usinagem dos materiais é um processo de fabricação com grande relevância para a atividade manufatureira. Este processo é responsável por conferir forma, dimensão e acabamento às peças confeccionadas, por meio da remoção de cavacos (resíduo sólido). Todavia, essa atividade industrial gera no seu processo, resíduos sólidos e líquidos, na forma de cavacos e fluidos de corte, respectivamente, que são inerentes ao processo. Embora a usinagem dos materiais esteja diretamente relacionada à geração de cavacos, e necessite fazer uso dos fluidos de corte para obter melhores resultados do ponto de vista econômico, é necessário que estes resíduos recebam destinação adequada ao final do processo. Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de analisar o processo de geração e manejo dos resíduos da usinagem dos materiais. Ao visitar as oficinas, foram observados os processos de usinagem, e coletado dados referentes aos parâmetros de corte da geração de resíduos sólidos e líquidos, que alimentaram um banco de dados para a elaboração de um fluxograma que pudesse servir para mapear o processo desde o seu início até o descarte que tais resíduos eram submetidos. Para tanto, o software Arena foi utilizado apenas na construção do fluxograma das atividades para que pudessem ser posteriormente analisadas. Assim, foi possível propor aos proprietários das oficinas em questão, alternativas para o descarte que visem à redução dos impactos ambientais por eles gerados.

Palavras-chave: Usinagem. Cavaco. Fluido de corte. Descarte.

ABSTRACT

Material machining is a highly relevant manufacturing process. This process imparts shape, size, and finish to manufactured parts through the removal of chips (solid residue). However, this industrial activity generates solid and liquid waste, in the form of chips and cutting fluids, respectively, which are inherent to the process. Although material machining is directly related to chip generation and requires the use of cutting fluids to achieve better economic results, this waste must be properly disposed of at the end of the process. This study aimed to analyze the generation and management of waste from machining materials. During visits to the workshops, machining processes were observed and data were collected regarding the cutting parameters of solid and liquid waste generation. These data were then fed into a database to create a flowchart that could be used to map the process from its inception to its disposal. Arena software was used only to create the activity flowchart for subsequent analysis. This enabled the workshop owners to be offered disposal alternatives aimed at reducing their environmental impacts.

Keywords: Machining. Chips. Cutting Fluid. Disposal.

RESUMEN

El mecanizado de materiales es un proceso de fabricación de gran relevancia. Este proceso confiere forma, dimensión y acabado a las piezas fabricadas mediante la eliminación de virutas (residuos sólidos). Sin embargo, esta actividad industrial genera residuos sólidos y líquidos, en forma de virutas y fluidos de corte, respectivamente, inherentes al proceso. Si bien el mecanizado de materiales está directamente relacionado con la generación de virutas y requiere el uso de fluidos de corte para lograr mejores resultados económicos, estos residuos deben eliminarse adecuadamente al final del proceso. Este estudio se desarrolló para analizar la generación y gestión de residuos de mecanizado de materiales. Durante las visitas a los talleres, se observaron los procesos de mecanizado y se recopilaron datos sobre los parámetros de corte y la generación de residuos sólidos y líquidos. Estos datos se incorporaron a una base de datos para desarrollar un diagrama de flujo que permitiera representar el proceso desde su inicio hasta su eliminación. Para ello, se utilizó el software Arena únicamente para crear el diagrama de flujo de actividades para su posterior análisis. Esto nos permitió proponer alternativas de eliminación a los propietarios de los talleres con el objetivo de reducir su impacto ambiental.

Palabras clave: Mecanizado. Virutas. Fluido de corte. Eliminación.

1 INTRODUÇÃO

Os processos de fabricação destacam-se por serem fundamentais para atividades manufatureiras. São os processos de fabricação os responsáveis por dar forma e dimensões para peças que posteriormente serão utilizadas pela indústria manufatureira para dar forma a um produto final. Entre os processos de fabricação, a usinagem dos materiais pode ser entendida como um processo industrial com remoção de material, gerando o resíduo sólido conhecido como cavaco. Este resíduo é fundamental para a usinagem por ser a partir da sua remoção que se confere formas, dimensões e acabamento superficial para as peças. Ou seja, não se pode falar em usinagem e ignorar a formação de cavaco. No entanto, um melhor entendimento desta porção retirada da peça torna-se fundamental uma vez que 10% de toda a produção mundial de metais são convertidos em cavaco, gerando assim o seu acúmulo no meio ambiente quando não descartado de maneira adequada.

Além disso, a usinagem dos materiais também faz uso de fluidos de corte, com objetivo de minimizar os custos e assegurar uma maior eficiência nas operações. Muniz (2008) diz que os fluidos de corte são utilizados largamente como resfriadores e como lubrificantes, tanto para garantir um melhor acabamento superficial, quanto para proteger as ferramentas de processos de corrosão e minimizar o seu desgaste. Dessa forma, os fluidos de corte são bem quistos no ato de lubrificação, com o intuito de aumentar a qualidade superficial da peça bem como reduzir as forças de corte e, sobretudo voltado para refrigeração, uma vez que possibilita a utilização de altas velocidades de corte no processo mantendo a temperatura de corte em níveis satisfatórios.

Por outro lado, os fluidos de corte também têm o seu aspecto negativo. Kopac (1998 apud MACHADO et al. 2009) alerta que os fluidos de corte podem ser nocivos à saúde de operadores que lidam diretamente com ele bem como prejudiciais ao processo, dependendo dos materiais utilizados, condições de corte e tipo de operação. Ainda, existe a necessidade no que diz respeito à devida destinação dos fluidos de corte após o seu uso. Nesse sentido, tal fato repercute de forma negativa na natureza, isto é, o descarte indevido pode, por exemplo, contaminar os cursos d'água bem como o solo.

Esse trabalho foi desenvolvido com objetivo principal de fazer uma análise dos principais resíduos gerados no processo de usinagem, sendo eles sólidos (cavaco) e líquidos (fluidos de corte), com o auxílio de fluxogramas para detalhamento do processo e assim gerar subsídios importantes para a devida destinação em função da natureza e características dos resíduos, contribuindo para amenizar os impactos ambientais e ser base para ações de sustentabilidade.

Tratando da inclusão do procedimento de destinação final, é eminente a possibilidade de se ter um maior controle e propor melhorias na destinação dos mesmos.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA MANUFATURA

Segundo Costa & Santos (2006 apud SIMIÃO, 2011) é possível enumerar uma vasta gama de processos usados na transformação de metais e ligas metálicas em peças. Fundir, soldar, utilizar a metalurgia do pó, ou usinar o material com o intuito de obter a peça desejada são exemplos de processos industriais que antecedem os processos de manufatura. Dentre os processos mencionados anteriormente, a usinagem destaca-se por utilizar produtos semiacabados (barras, tubos, perfis, chapas, etc.) como matéria-prima vinda do processo de fundição.

A usinagem é sem dúvida crucial no processo de fabricação de peças de diferentes complexidades. Para tanto, faz-se necessária a remoção de material em forma de cavacos (resíduo sólido). Durante os processos de usinagem, uma nova superfície é adquirida por meio da remoção de material na forma de cavacos. Estes por sua vez, variam morfologicamente em contínuos, descontínuos e segmentados (MACHADO et al. 2009). Essa variação na morfologia depende em muitos casos da natureza do material usinado. Materiais mais dúcteis tendem a produzir cavacos contínuos, enquanto materiais frágeis produzem cavacos segmentados. O estudo e controle desse resíduo são de grande importância na usinagem já que em muitos casos não é reaproveitado em processos subsequentes. Embora o conhecimento desse resíduo sólido seja importante nos processos industriais, os fluidos de corte também apresentam parcela significante dentre os rejeitos provenientes da usinagem.

De acordo com Machado et al. (2009), pode-se afirmar que o uso de fluidos de corte se faz necessário para a obtenção de um melhor processo de usinagem. Essa melhoria é conseguida a partir da redução do desgaste da ferramenta de corte, um maior controle térmico e também com o aumento da qualidade superficial conferida à peça. Todos esses fatores trazem grandes vantagens competitivas para a indústria uma vez que a mesma conseguirá prover um produto com melhor acabamento, em um menor tempo de produção com um menor custo de fabricação. Todavia, Alves (2008) alerta para os riscos e desvantagens causados pelos fluidos de corte devido aos efeitos negativos causados no meio ambiente, a partir do seu descarte, e danos à saúde do operador que lida diretamente com o insumo. Quando descartado de maneira inapropriada, o fluido de corte causa danos ao solo e as fontes de água, enquanto os operadores sofrem com problemas respiratórios e de pele.

Esse trabalho teve origem na necessidade de se fazer um estudo detalhado acerca da destinação dos cavacos (resíduos sólidos) e dos fluidos de corte (resíduos líquidos) utilizados nos processos de usinagem, especificamente a usinagem de materiais no torno mecânico universal. A geração dos cavacos é inerente a usinagem dos materiais, sendo impossível conceber este último sem falar na remoção de material da peça. Por outro lado, a utilização dos fluidos lubrificantes e refrigerantes se

faz necessário no contexto atual de competitividade entre as empresas, visando a redução dos custos de produção e otimização dos processos.

2 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foi necessário primeiramente a revisão bibliográfica do tema em questão, com ênfase nos conceitos e princípios fundamentais da usinagem. Posteriormente visitas técnicas foram realizadas nas oficinas metal-mecânicas da cidade de Governador Valadares-MG. Ao todo foram visitadas 15 empresas entre retíficas e tornearias, todas elas sendo consideradas empresas de pequeno porte com atuação apenas no mercado interno da cidade em questão.

As visitas tiveram como finalidade o melhor entendimento dos conceitos analisados anteriormente durante a revisão da literatura bem como a coleta e análise dos dados de processo de usinagem no torno mecânico. Tudo isso contribuiu de maneira qualitativa para a pesquisa.

Após as visitas técnicas terem sido realizadas, foi possível fazer o tratamento dos dados coletados. Esses dados foram coletados com o auxílio de planilhas e questionários. As planilhas tiveram como principal preocupação verificar quais os tipos de fluidos de corte eram utilizados pelas oficinas visitadas, tais como óleos biodegradáveis e óleos de origem mineral, como os óleos solúveis. Ao mesmo tempo, questionários foram aplicados visando identificar os procedimentos realizados por cada empresa no descarte de seus resíduos. Esses questionários podem ser encontrados ao final deste trabalho em anexo.

A partir de então, o software Arena foi utilizado com a finalidade de desenvolver o fluxograma do processo mostrando como os resíduos são coletados, armazenados e tratados após a usinagem. Finalmente, puderam-se verificar quais medidas deveriam ser tomadas a fim de minimizar os impactos ambientais gerados pelo descarte irregular dos resíduos.

3 RESULTADOS

A pesquisa de campo realizada foi extremamente importante para a concepção deste trabalho. Nas visitas, ficou claro que existem falhas no modo de coleta e armazenamento de certos resíduos por parte das empresas, além de carecerem de métodos mais padronizados no destino dos mesmos. Não obstante, as empresas mostraram-se em alguns casos não terem preocupação alguma com a questão ambiental, fazendo o descarte irregular de determinados resíduos. Os operadores e donos das empresas em geral não tinham consciência dos impactos causados pelo descarte irregular por elas feito, e a destinação final adequada dos resíduos parecia ser tratada como desnecessária. Como agravante, a fiscalização parece ser deficiente e muitas vezes conivente com esta situação. Durante as visitas

técnicas foi possível registrar imagens das dependências de algumas oficinas, como a verificada na Figura 1.

Figura 1. Visita técnica na oficina



Fonte: Autoria própria (2016)

3.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS DO RESÍDUO SÓLIDO - CAVACO

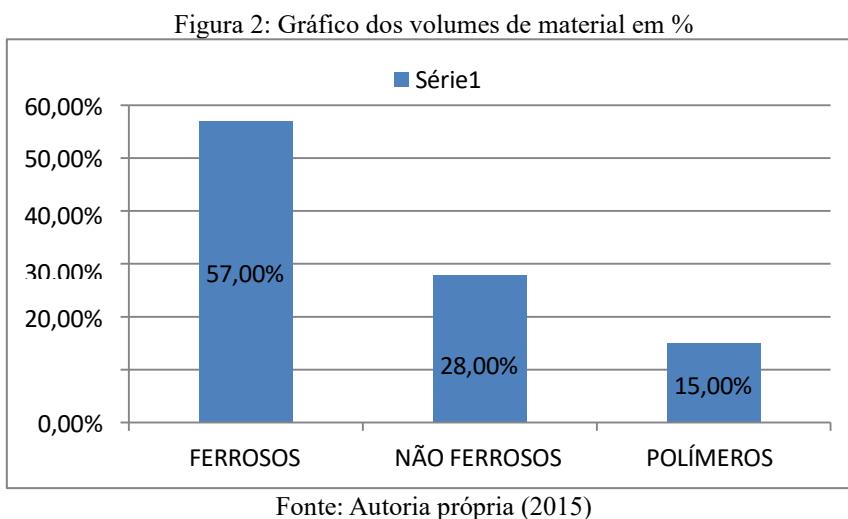
Foram levantados dados referentes aos tipos de materiais utilizados, à proporção que se utiliza cada material, e a forma como os resíduos provenientes do uso desses materiais são tratados após as operações.

3.1.1 Materiais utilizados na usinagem

A partir das visitas técnicas pôde-se notar a utilização de três tipos diferentes de materiais usados na usinagem em Governador Valadares-MG, sendo eles os metais ferrosos, os metais não ferrosos e os polímeros. Os números a seguir representam uma aproximação daquilo que foi encontrado nas oficinas de usinagem da cidade com relação as suas proporções no processo. Esses dados foram coletados a partir de conversas com os colaboradores e proprietários das oficinas bem como aplicação de formulários para coleta de informações.

Com a coleta de dados, e a observação possibilitada pelas visitas técnicas nas oficinas, verificou-se que o cavaco, como sendo o resíduo sólido da usinagem, é coletado por um tambor ao final da operação de usinagem, e armazenado neste mesmo tambor para ser posteriormente enviado

para outras localidades. De acordo com os colaboradores e proprietários das empresas, mais de 50% desse resíduo é composto de metais ferrosos, entre 25% e 50% de metais não ferrosos, e uma parcela menor do que 25% de polímeros. A Figura 2 apresenta esses percentuais aproximados.



3.1.2 Coleta e armazenamento do cavaco

Depois de escolhido o material, inicia-se o processo no torno, no qual materiais diferentes tiveram sido usinados anteriormente, não ocorrendo, portanto, a diferenciação dos materiais no tambor coletor. Assim, os cavacos de diferentes tipos de materiais são colocados juntos no mesmo local de armazenagem, não se caracterizando como método eficiente de coleta seletiva do resíduo. Observa-se na Figura 3 como os cavacos de materiais diferentes se misturam.



Fonte: PROEXT “Teoria do Corte” 2012/2013, empresa Exata Mecânica

3.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS DO RESÍDUO LÍQUIDO – FLUIDOS DE CORTE

Foram levantados dados referentes ao tipo de fluido de corte utilizado, suas características químicas, e a forma como a coleta, armazenagem e descarte desse resíduo eram gerenciados pelas empresas.

3.2.1 Tipos de fluidos utilizados

Anteriormente às visitas, existiam poucas informações sobre o tipo de fluido utilizado nas oficinas. Entretanto, analisando a literatura, esperava-se maior utilização de fluidos a base de óleo vegetal ou animal por serem de base orgânica. Dentre algumas vantagens, destacam-se a rápida degradação quando dissolvidos em água, e mesmo a possibilidade de serem reutilizados em processos de fabricação de sabão. Embora os fluidos orgânicos possuam estas desejáveis características, a sua rápida degradação representa também um ponto negativo, e o seu custo torna-o inviável para algumas empresas. Dessa forma, a pesquisa realizada mostrou que grande parte dos fluidos de corte usados nas oficinas da cidade é em geral de origem mineral. A Tabela 1 apresenta o resultado da pesquisa feita nas oficinas parceiras.

Tabela 1: Questionário dos tipos de fluido e seu descarte

Tipo de fluido e descarte	Empresas					
	Alfa	Beta	Gama	Omega	Delta	Teta
Fluido Orgânico	-	-	-	-	-	
Óleo solúvel (mineral e água)	x	x	x	x	x	x
Descarte irregular	x	x	x	x	x	x

Fonte: Costa & Lisboa (2015), ADAPTADO (2016)

Os óleos solúveis têm a finalidade de reduzir a temperatura na região de corte para assegurar uma maior vida útil para a ferramenta, impedir que a peça seja concebida em formas irregulares, garantir que as peças atendam as exigências dimensionais bem como melhorar o acabamento superficial da peça. Esse material pode ser observado na Figura 4.

Figura 4: Fluido de corte (óleo solúvel) em oficina de Governador Valadares-MG



Fonte: Costa & Lisboa (2015)

Embora tenha sido importante a coleta de informações referentes aos tipos de fluidos utilizados nas operações, a finalidade das visitas era entender como funciona o processo de coleta, armazenagem e descarte desses resíduos.

3.2.2 Coleta e armazenagem do fluido de corte

O resíduo de corte na forma dos fluidos é também coletado ao fim do seu uso, embora seja colocado em recipiente não apropriado antes mesmo de ser descartado no meio ambiente inadequadamente. Infelizmente, o que é percebido é que não existem políticas públicas municipais eficientes nesta cidade. A foto apresentada na Figura 5 foi conseguida em visita a uma oficina da cidade de Governador Valadares-MG e nela pode ser observado como é coletado e armazenado o fluido de corte.

Figura 5: Fluido de corte descartado por uma oficina em Governador Valadares



fonte: Costa & Lisboa (2015)

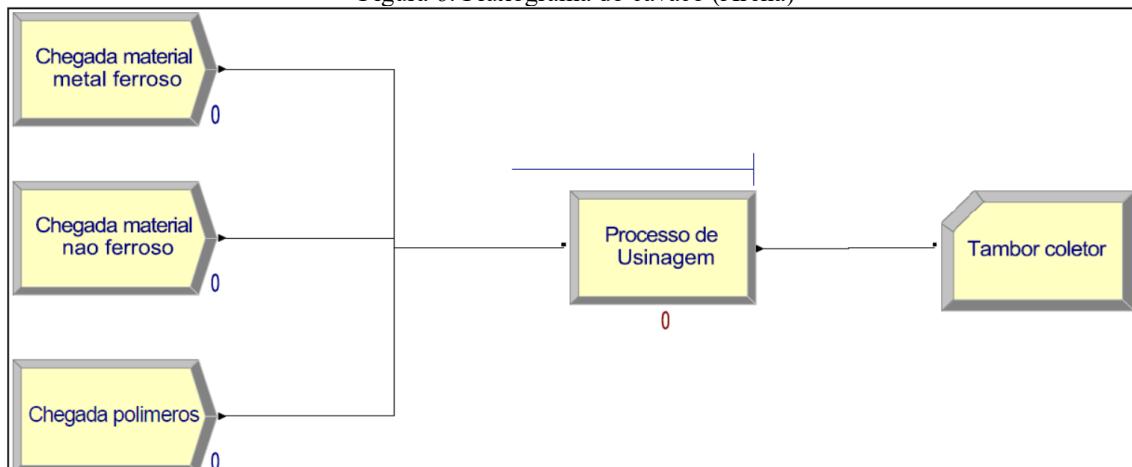
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Utilizando os dados obtidos a partir das visitas técnicas, foram desenvolvidos fluxogramas com a utilização do software Arena. Realizadas as construções dos fluxogramas, foi plausível afirmar que os cavacos (resíduos sólidos) recebem a destinação adequada nas oficinas visitadas. O armazenamento de resíduos é definido pela NBR 12.235/92 como a “Contenção temporária de resíduos, em área temporária autorizada pelo órgão de controle ambiental, à espera de reciclagem, recuperação, tratamento ou disposição final adequada, desde que atenda as condições básicas de segurança”.

Assim, a norma NBR 12.235/92 estabelece certos parâmetros que devem ser seguidos para o armazenamento de resíduos perigosos em contêineres, tambores, tanques e a granel (SIMIÃO, 2011).

Na Figura 6 observa-se o fluxograma dos resíduos sólidos.

Figura 6: Fluxograma do cavaco (Arena)



Fonte: Autoria própria (2016)

Dessa maneira, a análise do fluxograma apresentado na figura 6 caracteriza que a destinação dos cavacos (resíduos sólidos) é feita de maneira correta uma vez que este resíduo é armazenado em tambores acoplados aos tornos mecânicos, e posteriormente levados para instalações próprias para o seu descarte em outras localidades. Entretanto, todo e qualquer cavaco é lançado nos contêineres sem que suas características sejam levadas em consideração, não ocorrendo a coleta seletiva do mesmo.

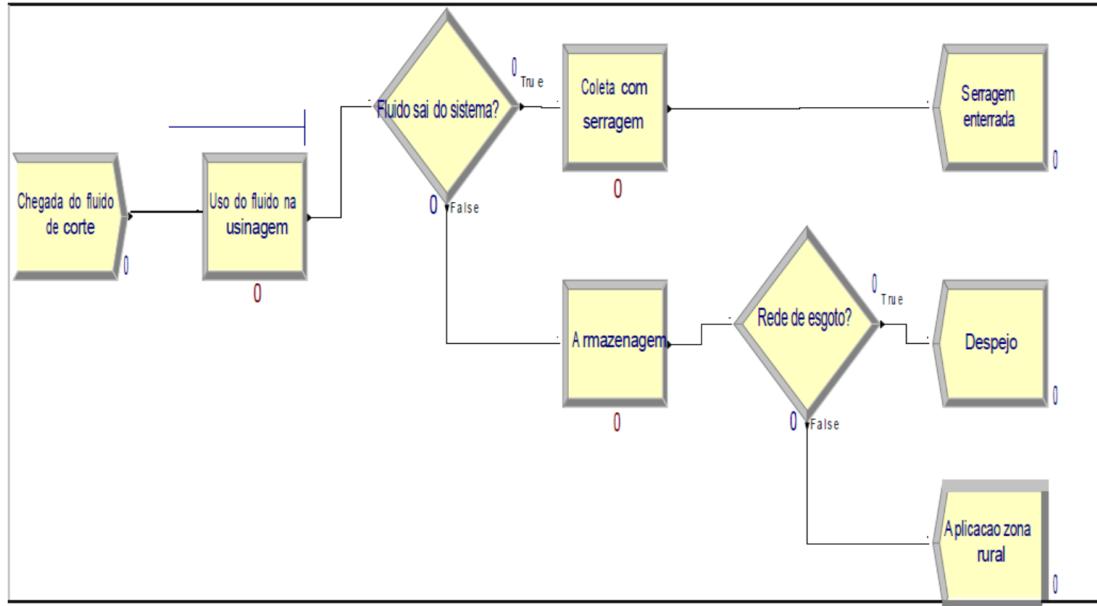
Por outro lado, com relação aos fluidos de corte a Resolução CONAMA 362/05 diz que "É proibido, em todo território nacional, a destinação de óleos lubrificantes minerais usados ou contaminados para outros fins que não o refino". E ainda salienta que todo óleo

lubrificante usado ou contaminado deverá ser recolhido, coletado e ter destinação final, de modo que não afete negativamente o meio ambiente e propicie a máxima recuperação dos seus constituintes, na forma prevista nesta Resolução.

Como exposto pela Resolução CONAMA 362/05, a utilização dos fluidos de corte de base mineral requer o cumprimento de certas normas relacionadas ao descarte dos resíduos líquidos com vistas a reduzir os impactos ambientais por eles causados. Entretanto, o que se vê na prática é que muitas dessas normas não são rigorosamente cumpridas, especialmente quando se trata de empresas menores onde os órgãos fiscalizadores não têm o contato devido. Além disso, como verificado por meio da pesquisa, as oficinas investigadas em sua totalidade não apresentam o uso dos fluidos de corte biodegradáveis em suas atividades, o que amenizaria impactos ambientais relacionados ao descarte. Lawal (2013) alerta que óleos vegetais são viáveis e são também fontes renováveis de óleos ambientalmente benignos.

Dessa forma, o processo de descarte dos fluidos de corte não está em consonância com as normas regulamentadoras, por não receberem destinação adequada. Foi verificado que o fluido solúvel é utilizado pelos operadores repetitivamente durante os processos de usinagem enquanto o mesmo possui viscosidade relativamente suficiente para o uso. Dessa forma, acredita-se que o fluido de corte torna-se inócuo ao meio ambiente após serem misturados em água inúmeras vezes, sendo lançado na rede de esgoto após o uso. O fluxo do fluido de corte foi desenvolvido com a ajuda do Arena e é descrito na Figura 7.

Figura 7: Fluxograma do fluido de corte (Arena)



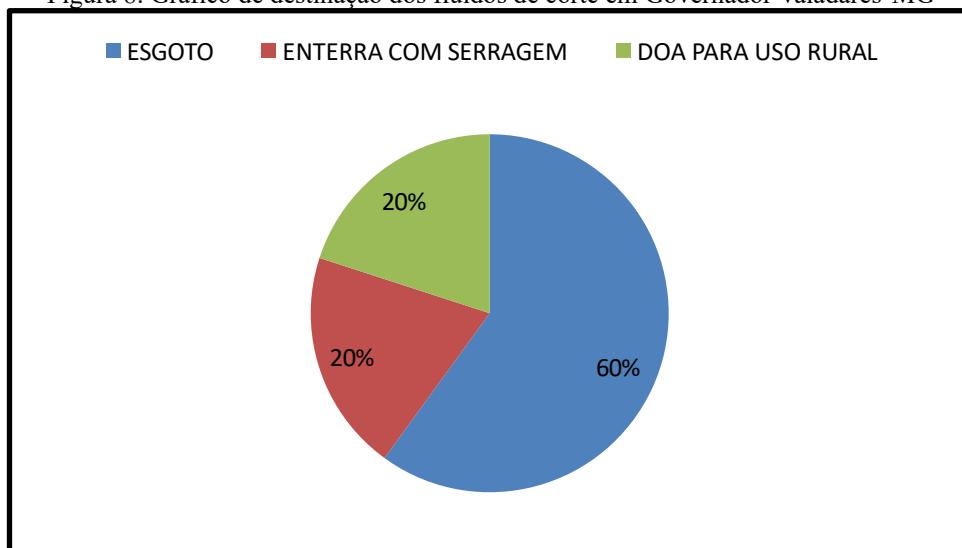
Fonte: Autoria própria (2016)

Analisando o fluxograma da Figura 7, é possível notar que este resíduo não está recebendo destinação adequada, contribuindo negativamente para a poluição do solo e das águas.

Após ser coletado e armazenado, o fluido de corte é lançado na rede de esgoto sem nenhum tratamento prévio ou análise química para verificar seu potencial de contaminação. Outro caso peculiar acontece em momentos que este resíduo se espalha no piso das oficinas visitadas. O método utilizado por operadores e proprietários consiste em usar pó de serra para que este possa aderir-se ao fluido desperdiçado. Após coletar o fluido de corte com o uso da serragem, o mesmo é levado para um local aleatório e em seguida enterrado, encerrando-se assim o ciclo do fluido.

Outro método encontrado pelos donos de empresas de usinagem em Governador Valadares-MG para desfazerem-se dos resíduos líquidos é doá-los para proprietários rurais da região. Os proprietários por sua vez, aplicam o fluido em mourões e peças de madeira para aumentar o tempo de vida desses materiais. O gráfico observado na Figura 8 mostra o percentual de cada medida adotada na destinação final dos fluidos de corte.

Figura 8. Gráfico de destinação dos fluidos de corte em Governador Valadares-MG



Fonte: Costa & Lisboa (2015)

Como mostrado na figura 8, mais da metade do fluido de corte gerado no processo, cerca de 60%, é diretamente lançado na rede de esgoto, contaminando as águas.

Não obstante, 20% desse resíduo são coletados por meio do uso de pó de serra e posteriormente enterrado, acreditando que tal fato amenizará os danos ambientais. Entretanto, é possível que esse procedimento acarrete na contaminação do solo, e provavelmente contaminará também o lençol freático. Portanto, não se apresenta como um método eficiente de destinação final deste resíduo.

Finalmente, os 20% restante são doados para propriedades rurais para que sejam aplicados em objetos de madeira, o que se comparado aos demais métodos seria o menos agressivo. Por meio da experimentação, donos de propriedades rurais têm verificado que utilizando os fluidos de corte na

superfície da madeira, especialmente em mourões de cancelas e cercas, eles conseguiriam aumentar o tempo de vida desses materiais, reduzindo seus custos com reparos e trocas em longo prazo.

A seguir são apresentadas sugestões para adequada destinação dos resíduos:

Não há que se falar em métodos corretivos para a destinação do cavaco, já que o atual procedimento não causa danos ao meio. Entretanto, é possível sugerir medidas capazes de agregar valor ao resíduo. Uma delas é a coleta seletiva, coletando os materiais de acordo com o seu tipo, e enviá-los para reciclagens específicas. Essa proposta é observada na Tabela 2.

Tabela 2: Proposta de reciclagem para oficinas de Governador Valadares-MG

MATERIAL/ DESTINAÇÃO	Reciclagem por fundição	Reciclagem por conformação	Reciclagem química	Descarte na natureza
Ferrosos (Aços e Ferro fundido)	X			
Não ferrosos (Alumínio, Bronze e Latão)	X	X		
Polímeros (Nylon, Teflon)		X	X	

Fonte: Autoria própria (2016)

Fazer a coleta seletiva deste material iria permitir que fosse utilizado em processos de fabricação alternativos, reduzindo o seu impacto ambiental.

Entretanto, fluidos de corte devem receber destinação mais apropriada, visando reduzir seu impacto ambiental. Sugere-se utilizar técnicas alternativas de produção, conhecidas como “limpas”, para o descarte desses resíduos, visando minimizar desperdícios ao longo da cadeia de produção, e prezando pela sustentabilidade e atendimento das normas vigentes. Verificam- se na tabela 3 técnicas de produção limpa propostas para os resíduos líquidos.

Tabela 3: Técnicas de produção limpa

Técnicas	Características
1. Modificação na tecnologia (Mínima quantidade de fluido)	Redução do uso de fluido de corte no processo
2. Modificação do produto	Redução da matéria-prima e do resíduo
3. Reciclagem interna	Tratamentos para a reciclagem do produto para que volte ao processo
4. Housekeeping	Maior vida útil dos fluidos, menor frequência de descarte; menor agressão à saúde do trabalhador.

Fonte: Costa & Lisboa (2015), adaptado (2016)

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e discussões realizadas, conclui-se que:

A análise dos resultados coletados para o cavaco mostra que esse resíduo está recebendo tratamento adequado, estando de acordo com o que sugere as normas regulamentadoras. Os resíduos sólidos como mostrado no fluxograma da figura 6 e pelos demais dados adquiridos, é armazenado em local adequado, e posteriormente encaminhado para empresas especializadas em fazerem seu armazenamento definitivo.

Com relação aos fluidos de corte, o estudo do ciclo do fluido nas oficinas visitadas apontou uma série de irregularidades existentes no manejo desse resíduo. As anormalidades encontradas nos métodos utilizados pelas empresas vão desde o processo de seleção do resíduo (em todos os casos os fluidos de origem mineral são escolhidos e nunca os de origem vegetal) até o processo de descarte do mesmo. Os erros mais graves cometidos pelas empresas são:

- Coletar e armazenar os fluidos de corte em local inadequado após o uso
- Crença na perda de nocividade dos fluidos de corte após serem misturados com água diversas vezes e lançá-los na rede de esgoto
- Limpar e enterrar o fluido de corte com serragem após parte do mesmo ter sido perdido nas dependências das empresas

Porém, sabe-se que parte desse resíduo (20%) é destinada para propriedades rurais que fazem o seu uso em utensílios de madeira, para que o seu tempo de vida seja aumentado. Embora, possa-se pensar que é uma forma menos danosa de descartar esse resíduo, ainda assim não existem estudos que comprovem seu benefício e/ou malefício, sendo necessário um estudo químico mais apurado.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Minas Gerais, Campus Governador Valadares, pela aprovação e execução do Projeto de Extensão “Teoria do Corte” (2012 a 2014), com a concessão de bolsas e estrutura para desenvolvimento das atividades propostas.

Às oficinas de usinagem e seus colaboradores que abriram suas portas e disponibilizaram seu tempo para os esclarecimentos das dúvidas no decorrer do trabalho.

REFERÊNCIAS

ALVES, S.M; DE OLIVEIRA, J. F. G. Vegetable Based Cutting Fluid – An Environmental Alternative To Grinding Process. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.235: armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

CONAMA - Conselho Nacional Do Meio Ambiente. Resolução N° 362/05. Dispõe Sobre O Recolhimento, Coleta E Destinação Final De Óleo Lubrificante Usado Ou Contaminado. Brasília, SEMA, 2005.

COSTA, K.A.C; LISBOA, A.C.L. Fluidos De Corte Com Base Orgânica. 2015. (Graduação Em Engenharia De Produção). Instituto Federal De Minas Gerais.

DELFINO, Eneida Lopes de Moraes. O estudo da produção enxuta na eliminação de desperdícios e sua aplicação em uma empresa de gelados comestíveis, 2014. (Graduação Em Engenharia De Produção). Instituto Federal De Minas Gerais – Campus Governador Valadares.

Ferramentas De Corte: Sandvik. Ferramentas De Corte. Catálogo Sweden: Sandvick Coromant., In Portuguese.2013.

FERRARESI, D. Fundamentos Da Usinagem Dos Metais. 9a. Ed. Editora Edgard, V.1, Blucherltda, São Paulo. 1977.

FREDIANI, A.D.C. Reaproveitamento Dos Resíduos De Usinagem: Estudo De Caso Na Indústria Automotiva. 2010. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. Métodos de pesquisa. 1^a ed. Porto alegre: editora da UFRGS, 2009.

GONÇALVES, M.A.F. Processos Industriais. Santa Maria. 2011.

INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION. ISO 513/2004. Classificação e aplicação de materiais de corte duros para remoção, com arestas de corte definidos. 2004.

LANSDOWN, A.R. Lubrication and Lubricant Selection: A Practical Guide, 3rd edition, Published by Professional Engineering Limited, London, United Kingdom, 2004.

LAWAL, Sunday Albert. A Review of Application of Vegetable Oil-Based Cutting Fluids in Machining NonFerrous Metals. Federal University Of Technology. 2013.

MACHADO, Á. R.; ABRÃO, A. M.; COELHO, R. T.; DA SILVA, M. B. Teoria Da Usinagem Dos Materiais. 1. Ed. São Paulo - Sp: Edgard Blucher, 2009.

MAMIDI, Vamsi Krishna; XAVIOR, M. Anthony. 2012. A Review On Selection Of Cutting Fluids. National Monthly Refereed Journal Of Research In Science & Technology. Vol. 1.

MCGEOUGH, J.A. Advanced Methods Of Machining. 1988.

MUNIZ, C.A.S. Novas Formulações De Fluidos De Corte: Otimização, Propriedades E Recuperação Do Óleo Usado. 2008. (Tese De Doutorado). Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte.

SILVA, Sandro Da Costa; CANGUSSU, Vinicius Melo, ELER, Mayara Luzada, FREITAS, Thiago André, SANTOS, Daniel Profeta Moreira. Projeto De Extensão: Teoria Do Corte Dos Materiais. Governador Valadares, IFMG, 2013.

SIMIÃO, J. Gerenciamento De Resíduos Sólidos Industriais Em Uma Empresa De Usinagem Sobre O Enfoque Da Produção Mais Limpa. 2011. (Tese De Mestrado). Universidade De São Paulo.

SOUZA, A.J. Apostila: Processos De Fabricação Por Usinagem. 2011.

STOETERAU, Rodrigo Lima. Apostila: Fundamentos Dos Processos De Usinagem. 2004.