

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE FERRO VIA FRX EM RESÍDUOS SÓLIDOS DE LABORATÓRIOS DE PESQUISAS

Esther Mobarack Panzenhagen

Débora Machado de Souza

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, Rio Grande do Sul
estherpanzenhagen@gmail.com, debosouza@edu.unisinos.br

Marluci Mello de Souza

Natália Rasquinha Leal Schnorr

Feliciane Andrade Brehm

Carlos Alberto Mendes Moraes

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, Rio Grande do Sul
marlucims@unisinos.br, natalia_rasquinha@hotmail.com, felicianeb@unisinos.br, cmoraes@unisinos.br

Resumo: O conceito de valorização de resíduos e de seus elementos sobrevém como uma forte ferramenta para a diminuição da extração dos recursos naturais, intensificada para atender a alta demanda. Em paralelo, o elemento ferro possui um importante papel no avanço tecnológico devido a sua facilidade de obtenção, grande afinidade com outros metais e não metais, e elevada eficiência, porém, sua extração e obtenção gera impactos ambientais preocupantes do ponto de vista ambiental. Perante o exposto, a motivação para a pesquisa foi entender as possíveis aplicações do resíduo contendo ferro. O objetivo deste trabalho é estudar a valorização desse resíduo através de revisão bibliográfica e levantamento de análises via Fluorescência de Raios X de 2016 a 2022, verificando a quantidade de ferro presente nas amostras avaliadas e a viabilidade de utilização do elemento como matéria-prima nos processos. A metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho foi o levantamento do histórico de análises via FRX do Laboratório de Caracterização e Valorização de Materiais – LCVMat - da Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Foram estudadas amostras de resíduos sólidos utilizadas em pesquisas e ainda estocadas no laboratório e que foram analisadas de 2016 a 2022. Foi realizado um inventário das amostras; posterior identificação das prováveis amostras contendo ferro na sua composição e após busca no histórico do equipamento. Foram escolhidas, para a pesquisa, amostras com percentual de ferro entre $>50\%$ e $> 5\%$, em que foram descartadas amostras com porcentual minoritário de ferro. Das 22 amostras analisadas, somente 7 foram escolhidas, por conta do potencial de reciclagem e, principalmente, periculosidade. As limitações enfrentadas na elaboração do trabalho, foram a composição química das amostras que não foram escolhidas visto que apresentaram alguns metais pesados (como chumbo e cromo) e, principalmente, a quantidade escassa de bibliografia relacionada à ao assunto, evidenciando a importância deste artigo diante das problemáticas atuais ligadas principalmente à lotação de aterros industriais. Próximas pesquisas podem ser realizadas de maneira mais pontual e aplicadas para cada tipo de uso do resíduo de ferro. Através do estudo, foi possível observar que o ferro está presente em diferentes tipos de amostras, podendo ser inserido em áreas distintas, sem afetar a eficiência dos produtos ou até mesmo aprimorá-los; além de resultar na diminuição de seu descarte.

Palavras-chave: Ferro; Resíduo sólido; Impactos ambientais; FRX; Valorização.

1. INTRODUÇÃO

A população mundial cresce de forma exponencial, deste modo os suprimentos e necessidades básicas devem seguir o mesmo crescimento. Os setores do agronegócio, industriais e metalúrgico são alguns exemplos que fazem parte desses requisitos. Sendo assim, a extração dos recursos naturais se intensifica a cada ano para atender a demanda, e consequentemente a geração de resíduos aumenta. Diante desse cenário, o conceito de valorização de resíduos e os elementos presentes neles, sobrevém como uma forte e necessária ferramenta.

O ferro é um dos metais mais abundantes da crosta terrestre, com uma proporção de 4,2%, em que é usado pela humanidade faz muitos séculos. De acordo com a Agência Nacional de Mineração, em 2019, cerca de 80% da população mineral brasileira corresponde a substância da classe dos metálicos. A vasta utilização de ferro gera, em contrapartida, volumes expressivos de resíduos. Segundo o Relatório de Sustentabilidade do Instituto Aço Brasil de 2018, foram recicladas cerca de 5,6 milhões de toneladas de sucata de ferro e aço provenientes de fontes externas em 2016 e 5,8 milhões em 2017. O aproveitamento do resíduo contendo ferro tem se tornado uma ótima opção na área de valorização de resíduos já que sua aplicação é economicamente viável. A motivação para a pesquisa foi conhecer mais as suas aplicações.

A técnica de Fluorescência de Raios X (FRX) é uma das análises mais utilizadas nas áreas de química, biologia, meio ambiente e ciências dos materiais, principalmente por ser menos invasiva e não destrutiva; através dela é possível identificar e quantificar as concentrações químicas dos elementos presentes nos materiais, isto porque não existe similaridade entre as radiações de radiofrequência emitidas por diferentes átomos. Com a FRX pode-se caracterizar a quantidade dos diversos elementos químicos presentes na amostra que se deseja investigar, sem contaminá-la ou descaracterizá-la, Nascimento-Dias *et al.* (2017).

Nesse contexto, o artigo tem como objetivo avaliar quantitativamente o ferro em resíduos sólidos, através do levantamento de análises via FRX de 2016 a 2022, verificando a quantidade do elemento presente nas amostras avaliadas e a viabilidade de utilização do elemento como matéria-prima.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa seção é buscado-se, através do levantamento bibliográfico, estudar o que se conhece quanto à aplicação de resíduos contendo ferro como matéria-prima nos diversos processos.

Rocha *et al.* (2020) estudaram a eficiência da utilização do resíduo da siderurgia na remoção de cor e de matéria orgânica de efluentes têxteis através da técnica de adsorção. O efluente possui características físico-químicas que o tornaram de alto potencial poluidor. O resíduo foi coletado na etapa de lingotamento contínuo, etapa final da produção do aço e continha cerca de 94% de Ferro em sua composição. Com o estudo, foi possível concluir que o ferro favoreceu o processo de adsorção, as remoções de matéria orgânica alcançaram cerca de 72% e as remoções de cor chegaram a 86%.

Swirkowsky (2018) avaliou o aproveitamento da borra metálica resultante de tubos de aço com costura, como matéria-prima para produção de briquetes autorredutores na obtenção do ferro gusa. A borra metálica possuía 56% de FeO, os briquetes apresentaram teores de umidade após cura, de 0,43% e uma boa resistência à compressão. Concluiu-se que os briquetes tiveram bons resultados em relação ao potencial de aproveitamento.

Pascoal *et al.* (2017) estimaram a produção de um concentrado de minério de ferro a partir de um rejeito. A atividade mineradora produz muitas toneladas de ferro, gerando grandes quantidades de rejeito que não possuem valor agregado. Os rejeitos utilizados apresentavam quantidades de ferro de em média 46% e de SiO₂ de em média 34%. Através da pesquisa, foi possível promover a viabilização do aproveitamento do rejeito como subproduto da própria usina de beneficiamento de mineral promovendo uma recuperação em massa de 60,15% e metalúrgica de 79,75% através do circuito adotado conjugado com a concentração magnética.

Paiva *et al.* (2019) analisaram a potencialidade da escória de aciaria de siderurgia no aproveitamento como insumo numa fábrica de cimento. As amostras de escória continham em média 78% de Ferro e uma taxa de 4% de Cloreto, mas o Cloreto foi extraído quase 95% através de agitação. Os autores concluíram que com esse método de extração do Cloreto, é possível utilizar a escória na produção de cimentos, visto que a quantidade de Ferro é considerável nesses resíduos.

Aguiar *et al.* (2018) avaliaram o tratamento redutivo de águas contaminadas com metronidazol, utilizando nanopartículas de ferro zero valente suportadas em sílica mesoporosa. O composto metronidazol é um antibiótico bastante encontrado em águas residuais de efluentes hospitalares, em águas superficiais e em águas subterrâneas. Os estudos comprovaram a eficiência das nanopartículas na remoção do fármaco de acordo com os parâmetros avaliados: pH, massa de nFZV/SBA-15 e concentração de metronidazol.

Ainda existe pouco material sobre a utilização do resíduo de ferro aplicado como matéria-prima principalmente aqueles publicados na atualidade, evidenciando a necessidade e importância de pesquisas nessa área.

3. METODOLOGIA

Para a elaboração deste artigo foi feito o levantamento através de Fluorescência de Raios X - FRX de amostras que se encontravam no Laboratório de Caracterização e Valorização de Materiais – LCVMat da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, a fim de verificar o teor de ferro nas amostras.

Para o estudo, foram utilizadas amostras de resíduos sólidos que se encontravam estocadas no laboratório e que pertenciam a trabalhos de outros alunos, as análises via FRX foram feitas no período de 2016 a 2022 utilizando equipamento da marca Shimadzu, modelo EDX-720.

Foi realizado um inventário das amostras, posterior identificação das prováveis amostras contendo ferro na sua composição e após busca no histórico do equipamento. Foram escolhidas, para a pesquisa, amostras com percentual de ferro entre >50% e > 5%, sendo descartadas amostras com percentual minoritário do ferro. O critério de descarte de amostras para continuação do estudo foi realizada considerando que o valor de FRX é dado sobre a parte inorgânica da amostra e não dá amostra total. Dessa forma, amostras com percentual minoritárias (<5 %) de ferro podem ser relativamente pequenas dependendo do tipo da amostra, o que dificulta o processo de valorização do ferro, pois o mesmo deverá ser separado do restante dos elementos para ser aplicado de forma mais eficiente ou ter um uso elevado de massa. As amostras não classificadas para prosseguimento da pesquisa poderão ser avaliadas em um segundo momento, na continuação do trabalho.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Para o levantamento das análises via FRX, foram criadas tabelas identificando o nº de amostra e da análise, a descrição do material avaliado, o tipo de análise (onde a amostra foi gerada), os elementos majoritários (contendo >50%), os elementos que possuem em menor quantidade (>50% e >5%) e os elementos traços, encontrados em quantidades inferiores a 5%. As amostras escolhidas foram aquelas sinalizadas em laranja. Os resultados são apresentados a seguir:

A Tabela 1 apresenta as análises obtidas na disciplina de co-produtos da UNISINOS do primeiro semestre de 2022, onde foram analisadas as amostras de Escória de alumínio de finos, de médios e de grossos; noz pecan finos e grossos; polímero ABS+PC; areia verde; albedo de laranja e resíduo de pó de granalha.

Tabela 1. Análise via FRX da disciplina de Co-produtos da UNISINOS do segundo semestre de 2022

Nº da análise	Nº da amostra	Descrição da amostra	Tipo de análise	Elementos majoritários (>50%)	Menor quantidade (5% < x < 50%)	Elementos Traços (<5%)
EDX 3076	AA084	Escoria de alumínio Finos	Aula	-	Al, Cl, K, Fe, Ca, Si	Mg, Cu, Ti, Zn Ba, S, Mn, Cr, Ac, Sr, Br, Zr
EDX 3077	AA085	Escoria de alumínio Médios	Aula	-	Al, Cl, Si, K	Fe, Ca, Mg, Cu, Ba, Zn, Ti, S, Ac, Br, Cr, Sr
EDX 3078	AA086	Escoria de alumínio Grossos	Aula	-	Cl, Al, K, Si	Ca, Fe, Mg, Cu, Ti, Zn, Mn, Ac, Br, Cr, Sr, Zr
EDX 3079	AA087	Noz Pecan Finos	Aula	-	K, Ca, Fe	Al, Mg, Si, Mn, S, P, Zn, Ti
EDX 3080	AA088	Noz Pecan Grossos	Aula	-	Ca, K, Na	Mg, Fe, Al, Si, S, Mn, P, Cu, Sr
EDX 3081	AA089	Polímero ABS+PC	Aula	-	Ni, Cu, Ti, Si, Ca, P, Br, Mg	Fe, Zn, S, K, As
EDX 3082	AA090	Areia verde	Aula	-	Si, Fe, Al	K, Ca, Ti, Mg, S, Zr, Mn, Cr, Zn, Sr
EDX 3089	AA091	Albedo de Laranja	Aula	-	K, Ca	P, S, Fe, Cu
EDX 3090	AA092	Resíduo Pó de granalha	Aula	Fe	-	Mn, Si, Cr, Cu, P, Ca, S, Mo

A Tabela 2 apresenta os dados obtidos através da análise de resíduos da empresa Sulmaq Indústria Metalúrgica LTDA, localizada em Sapiranga, Rio Grande do Sul, em que o objeto do estudo foi o Pó de jateamento fino e o pó de jateamento grosso.

Tabela 2. Análise via FRX dos resíduos da empresa Sulmaq Indústria Metalúrgica LTDA

Nº da análise	Nº da amostra	Descrição da amostra	Tipo de análise	Elementos majoritários (>50%)	Menor quantidade (5% < x < 50%)	Elementos Traços (<5%)
EDX 1441	AP492	Pó jateamento fino - Sulmaq	Qualitativa	Fe	Cr, Zr, Ni	Si, Al, P, Mn, Y
EDX 1442	AP493	Pó jateamento grosso - Sulmaq	Qualitativa	Fe, Al	Si, Zr	Ca, Ba, Ti, P, K, Mn, Cr, Nb, Sr, Pb, Hf, Zn, Y

A Tabela 3 possui os dados referentes ao Polietileno Tereftalato (PET) do Projeto Silo Verde que existe na UNISINOS, foram analisados os PET verde granulado, transparente A granulado e transparente B granulado.

Tabela 3. Análise via FRX do Polietileno Tereftalato (PET) do Projeto Silo Verde da UNISINOS

Nº da análise	Nº da amostra	Descrição da amostra	Tipo de Análise	Finalidade	Elementos majoritários (>50%)	Menor quantidade (5% < x < 50%)	Elementos Traços (<5%)
EDX 2273	AP680	PET verde granulado	Projeto Silo Verde	Pesquisa	Fe	Ca	-
EDX 2274	AP681	PET transparente A granulado	Projeto Silo Verde	Pesquisa	Fe	Ca	-
EDX 2275	AP682	PET transparente B granulado	Projeto Silo Verde	Pesquisa	Ti	Fe, Cu	K, Ca

A Tabela 4 apresenta os dados obtidos através da análise realizada pela aluna Manuela Arend da UNISINOS, também com amostras do Projeto Silo Verde. Foram analisados o flake de PET misto, o produto final, o flake de PET verde, o flake de PET verde moído B e o PET verde placa B.

Tabela 4. Análise via FRX do produto do Projeto Selo Verde da UNISINOS

Nº da análise	Nº da amostra	Descrição da amostra	Tipo de Análise	Finalidade	Elementos majoritários (<50%)	Menor quantidade (5% < x < 50%)	Elementos Traços (>5%)
EDX 2141	AP643	Flake de PET misto - Silo Verde	Manuela Arend	Pesquisa	Ca	-	-
EDX 2142	AP644	Produto final - Silo Verde	Manuela Arend	Pesquisa	-	Fe, K, Sb	-
EDX 2143	AP645	Flake de PET verde - Silo Verde	Manuela Arend	Pesquisa	Cu	Fe	-
EDX 2150	AP647	Flake de PET verde moído B - Silo Verde	Manuela Arend	Pesquisa	Ca	Fe	Sb
EDX 2151	AP648	PET verde placa B - Silo Verde	Manuela Arend	Pesquisa	Ca	Cu	Fe

A Tabela 5 possui os dados obtidos no mestrado da aluna Kátia Grings da UNISINOS, onde foi analisado a amostra de sílica ativa e de vermiculita.

Tabela 5 – Análise via FRX de sílica ativa e vermiculita de uma mestrandia da UNISINOS

Nº da análise	Nº da amostra	Descrição da amostra	Tipo de Análise	Finalidade	Elementos majoritários (>50%)	Menor quantidade (5% < x < 50%)	Elementos Traços (<5%)
EDX 2705	AM891	Sílica ativa	Kátia grings	Mestrado	Si	-	K, Ca, Al, Fe, P, Mn, S, Cu, Rb, Zn, Sr
EDX 2706	AM892	Vermiculita	Kátia grings	Mestrado	-	Si, Fe, Mg, Al	Ti, Cr, Ba, Ni, K, Ca, Mn, S

A Tabela 6 apresenta os dados obtidos no Trabalho de Conclusão – TCC da aluna da UNISINOS Tais Knob, onde a amostra analisada foi a escória de chumbo.

Tabela 6. Análise via FRX de escória de chumbo feito por uma aluna da UNISINOS

Nº da análise	Nº da amostra	Descrição da amostra	Tipo de Análise	Finalidade	Elementos majoritários (>50%)	Menor quantidade (5% < x < 50%)	Elementos Traços (<5%)
EDX 2734	ATC394	Escória de chumbo	Tais Knob	TCC	Fe	Pb	Si, Sn, Cr, Zn, Mn, Sb, Ba, I, Cu, Mo

Diante de todos os resultados, foram escolhidas as amostras com teor de ferro maior que 50% e amostra com teores de ferro entre 5% e 50%. Amostras nas quais não foram identificados o elemento ou foram identificadas com teores abaixo de 5% foram desconsideradas.

As figuras a seguir apresentam a composição de elementos das amostras que tinham cromo, como a escória de alumínio de finos, a areia verde, resíduos de pó de granalha, pó de jateamento fino – Sulmaq, pó de jateamento grosso – Sulmaq, vermiculita e escória de chumbo. Essas amostras, por conta de sua caracterização, foram desconsideradas.

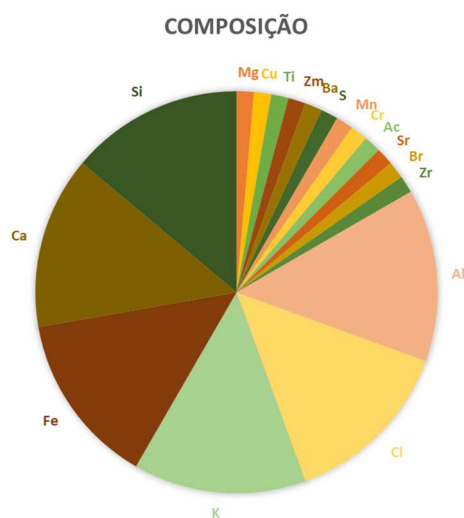


Figura 1(A). Composição da Escória de alumínio de finos

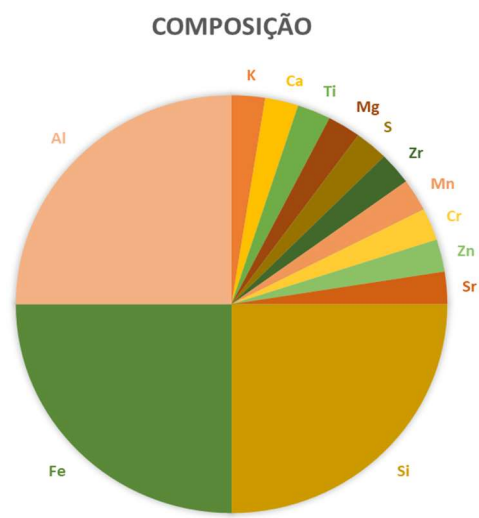


Figura 1(B). Composição da Areia Verde

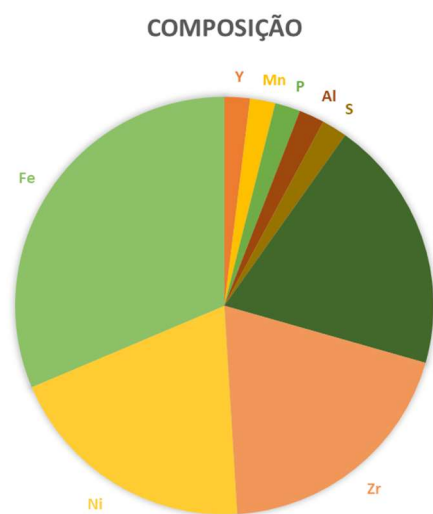
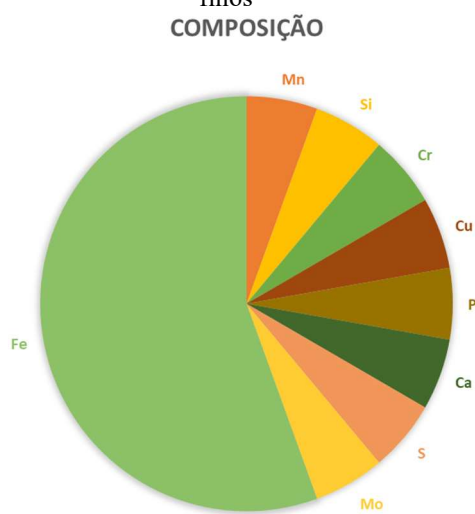


Figura 1(C). Composição do resíduo de pó de granalha

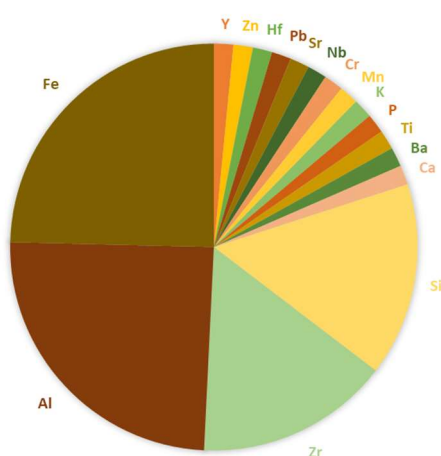


Figura 1 (D). Composição do pó de jateamento fino - Sulmaq

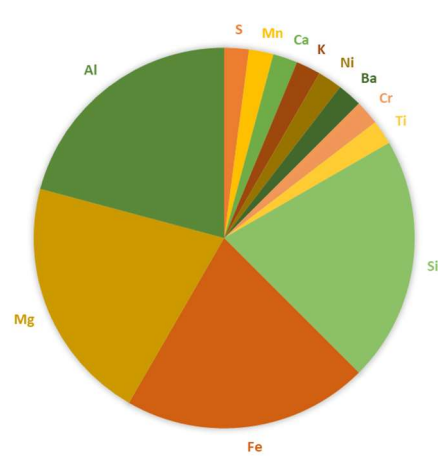


Figura 1 (E). Composição do pó de jateamento grosso - Sulmaq

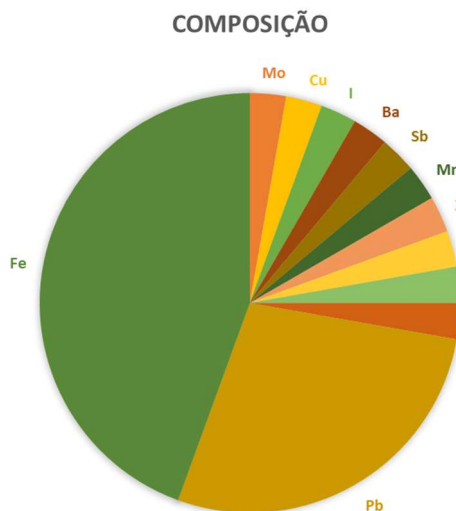


Figura 1(F). Composição da Vermiculita

Figura 1(G). Composição da Escória de chumbo

Figura 1. Distribuições das composições das amostras contendo cromo que foram desconsideradas para continuação da pesquisa

A Tabela 7, a seguir, apresenta quais foram as amostras escolhidas para nível de discussão neste artigo. Da mesma forma como feito anteriormente, foi sinalizado se o Ferro foi encontrado em menor quantidade ou como elemento majoritário.

Tabela 7. Amostras escolhidas contendo Ferro

Nº da Amostra	Descrição da Amostra	Elementos majoritários (>50%)	Menor quantidade (5% < x < 50%)	Elementos Traços (<5%)
AA 087	Noz Pecan Finos	-	K, Ca, Fe	Al, Mg, Si, Mn, S, P, Zn, Ti
A P680	PET verde granulado	Fe	Ca	-
A P681	PET transparente A granulado	Fe	Ca	-
A P682	PET transparente B granulado	Ti	Fe, Cu	K, Ca
A P644	Produto final - Silo Verde	-	Fe, K, Sb	-
A P645	Flake PET verde - Silo Verde	Cu	Fe	-
A P647	Flake PET verde moído B - Silo Ver	Ca	Fe	Sb

Diante do exposto, das vinte e duas amostras analisadas, somente sete foram escolhidas, demonstrando que nem todos os resíduos contendo ferro possuem o mesmo potencial de reciclagem e, principalmente, periculosidade.

4. DISCUSSÕES

Alguns resíduos avaliados apresentam risco de saúde e segurança na área de gerenciamento, visto que contém compostos com uma toxicidade maior como Cromo e Chumbo. O Cromo é um metal pesado e que na presença de outros elementos pode sofrer dissolução e tornar por exemplo, a água subterrânea contaminada, Oliveira *et al.* (2021). Esses materiais podem ser aplicados em outros setores, como na redução de silício em aços inoxidáveis recicláveis (Santos, 2013), como caracterização de pigmentos inorgânicos à base de Zn, Fe e Cr (Milanez *et al.*, 2005) e ou no caso da escória de alumínio, aplicação na fabricação de argila expandida, Takahashi (2006). Porém, existe pouco trabalho nessa área na atualidade.

Segundo Andrade *et al.* (2018), a areia verde é proveniente do processo de moldagem das indústrias de fundição de metais, sua composição é formada basicamente de Sílica que, quando inalado de maneira contínua pode causar a silicose, uma doença pneumoconiose que se agrava de forma irreversível, porém já se tem resultados positivos desse material em concretos e em outros materiais de construção.

Os pós de granalha e jateamento possuem componentes prejudiciais à saúde além de poluírem o meio ambiente. Esses resíduos também podem ser utilizados em misturas para concreto em construções ou também na produção de concreto asfáltico, além de poderem ser adicionados também na produção de cerâmicos, Meneghel (2017).

Os elementos identificados nas amostras, além do ferro e do cromo foram: o titânio, material pouco reativo em temperatura ambiente e quando aquecido forma compostos estáveis, duros e refratários; o zinco componente estrutural de várias metaloenzimas e metaloproteínas, participando de muitas reações do metabolismo celular; o fósforo, elemento essencial à vida, que possui baixa solubilidade na água e grande interação com partículas do solo; o enxofre, matéria-prima utilizada largamente na agricultura brasileira, e reconhecido como um dos nutrientes-chave necessário ao desenvolvimento das plantas; o manganês elemento de bastante importância nas ligas com outros metais especialmente com o ferro na produção do aço; o silício que pode ser utilizado na adubação de várias culturas aumentando sua produtividade, como no arroz, cana-de-açúcar e outras; o magnésio que se trata de um mineral essencial para o bom funcionamento do corpo humano; o alumínio possui propriedades como leveza, alta condutividade elétrica, grande resistência à corrosão e baixo ponto de fusão, permitindo a utilização de forma extensiva na produção de ligas metálicas, laminados e extrudados; o cálcio que pode ser utilizado como agente redutor na preparação de outros metais como tório e urânio, além de também ser usado em ligas metálicas; o potássio que é amplamente utilizado na fabricação de fertilizantes já que é um macronutriente para os vegetais; o cobre que pode ser utilizado na produção de materiais condutores de eletricidade (fios e cabos) e também de latão e bronze; o antimônio que é usado na fabricação de finas peças moldadas, é responsável por endurecer o chumbo e expandi-lo após ser resfriado, permitindo um melhor acabamento nos objetos.

5. CONCLUSÕES

Após analisar todos os resultados, foi possível observar que o Ferro é um elemento químico muito versátil e que está presente em diversos materiais de diversas origens e em sua maioria, em grandes quantidades. Além disso, também é possível observar que ele pode ser inserido em diversas áreas de estudo, mantendo a eficiência ou até mesmo aprimorar os produtos. A bibliografia aponta o uso desses materiais na remoção de cor de efluente (Mariani *et al.*, 2015) e na remoção de paracetamol em água (Sousa, 2017).

As limitações enfrentadas durante esse trabalho foram a quantidade pequena de bibliografia relacionada à valorização destes tipos de resíduos sólidos contendo ferro e, principalmente a composição química de algumas amostras que apresentaram alguns metais pesados (como chumbo e cromo). Como pesquisas futuras, sugere-se a possível utilização de resíduos contendo esses metais pesados, além de pesquisas mais pontuais para cada tipo de uso dos resíduos contendo ferro.

Vale ressaltar que a utilização e valorização de resíduos tem se tornado uma prática necessária, a fim de desafogar os aterros sanitários e industriais existentes e reduzir a exploração de recursos naturais para matéria-prima, preconizado pelo conceito de mineração urbana.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de mestrado, e ao CNPq pelas bolsas concedidas aos autores: de Iniciação Científica, do programa de Doutorado Acadêmico em Inovação - DAI, e Bolsas de Pesquisa em Desenvolvimento Tecnológico - DT2/CNPq.

7. REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Mineração. Anuário Mineral Brasileiro: principais substâncias metálicas; coordenação técnica de Marina Dalla Costa. – Brasília: ANM, 2020. Disponível: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro>> Acesso em 01 de março de 2023.
- Aguiar, D. P. O. de et al. Aplicação de Nanopartículas de Fe^o Estabilizadas com Sba-15 Para Remediação de Água Contaminada com Metronidazol. *Revista Processos Químicos*, v. 12, n. 23, p. 63-66, 2 jan. 2018. DOI: <<http://dx.doi.org/10.19142/rpq.v12i23.427>>.
- Andrade, L. de B.; Carnin, R. L. P.; Pinto, R. C. de A.. Areia descartada de fundição para uso em concreto de cimento Portland: análise do agregado. *Revista Matéria*, v. 23, n. 3, p. 1-14, 18 out. 2018. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620180003.0494>>.
- Auria, R., Frere, G., Morales, M., Acuña, M.E. and Revah, S. (2000) *Influence of mixing and water addition on the removal rate of toluene vapors in a biofilter*, *Biotechnology and Bioengineering*, 68(4), 448-455.
- Bitton, G. (1994) *Wastewater Microbiology*, Wiley-Liss, New York, 478 pp.
- Cavalotti, L. F. R. *Degradação de espécies nitroaromáticas e remediação de resíduos da indústria de explosivos por processos avançados envolvendo ferro metálico*. 2008. 81 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Química Analítica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- García, J., Romero, H. (1997) El tratamiento de las aguas residuales de ciudades medianas: problemática y alternativas de solución, en *Memorias Técnicas XI Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales*, Tomo1, FEMISCA A.C., 4 a 7 de noviembre, Zacatecas Zac. 243-250.
- Instituto do Aço Brasil. Relatório de Sustentabilidade: A siderurgia em números 2018. Disponível em: <<https://www.acobrasil.org.br/sustentabilidade2018>> Acesso em 01 de março de 2023.
- Mariani, P. P et al. - utilização de resíduo da reciclagem química do pet para a remoção de cor de efluente. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária*, 28., 2015, Rio de Janeiro. Artigo. Rio de Janeiro: Abes, 2015. p. 1-5.
- Meneghel, L. *Aproveitamento de resíduos de granalha de aço-carbono por metalurgia do pó*. 2017. 81 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia e Ciência dos Materiais, Processamento, Caracterização e Simulação de Materiais, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2017
- Milanez, K. W.; Kniess, C. T.; Bernardin, A. M.; Riella, H. G.; Kuhn, N. C. Caracterização de pigmentos inorgânicos à base de Fe, Zn e Cr utilizando resíduo de galvanoplastia como matéria-prima. *Cerâmica*, v. 51, n. 318, p. 107-110, jun. 2005. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0366-69132005000200006>>
- Nascimento-Dias, B. L. do; Oliveira, D. F.; Anjos, M. J. dos. A utilização e a relevância multidisciplinar da fluorescência de raios X. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 39, n. 4, p. 1-6, 29 maio 2017. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2017-0089>>.
- Oliveira, F. L. V. de; Kuno, R.; Nascimento, F. P. do; Gouveia, N.. Exposição potencial a baixas doses de cromo por via oral e mortalidade por câncer de estômago na população do interior do Estado de São Paulo, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 37, n. 4, p. 1-12, 2021. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00020020>>.
- Pascoal, A. da L. et al. Aproveitamento do rejeito de minério de ferro: tendência e otimização de processo através de concentração magnética. *Tecnologia em Metalurgia Materiais e Mineração*, v. 15, n. 3, p. 197-201, 2018. Editora Cubo. DOI: <<http://dx.doi.org/10.4322/2176-1523.1570>>.
- Paiva, S. C. de; Santos, A. K. C. dos., 2019. Potencialidade do uso de resíduo siderúrgico na indústria cimentícia. *Anais do 2º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade*. Foz do Iguaçu, Brasil.
- Rocha, E. M. R. et al. Estudo da eficiência de resíduo siderúrgico no tratamento de efluentes têxteis. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 16, n. 41, p. 46-55, 1 maio 2020. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). DOI: <<http://dx.doi.org/10.3895/rt.s.v16n41.11796>>
- Santos, R. B. *Utilização de resíduos ricos em óxidos de ferro e cromo para redução de silício em aços inoxidáveis recicláveis*. 2013. 106 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.
- Sousa, L. S. de. Materiais baseados em carvão de pet e lama vermelha ativados com CO₂ para remoção de paracetamol em água. 2017. 69 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia Química, Campus Avançado de Poços de Caldas, Universidade Federal de Alfenas, Poço de Caldas, 2017.
- Swirkowsky, Marcelo. *Avaliação do aproveitamento do resíduo borra metálica da produção de tubos de aço com costura para elaboração de briquetes autorredutores*. 2018. 81 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia de Processos, Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2018.
- Takahashi, E. A. N. *Utilização da escória de alumínio na fabricação de argila expandida*. 2006. 82 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Área de Tecnologia Nuclear -, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2006.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

QUANTITATIVE EVALUATION OF IRON VIA XRF IN SOLID WASTE FROM RESEARCH LABORATORIES

Esther Mobarack Panzenhagen

Débora Machado de Souza

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, Rio Grande do Sul

estherpanzenhagen@gmail.com, debosouza@edu.unisinos.br

Marluci Mello de Souza

Natália Rasquinha Leal Schnorr

Feliciane Andrade Brehm

Carlos Alberto Mendes Moraes

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, Rio Grande do Sul

marlucims@unisinos.br, natalia_rasquinha@hotmail.com, felicianeb@unisinos.br, cmoraes@unisinos.br

Abstract. *The concept of valuing waste and its elements emerges as a strong tool for reducing the extraction of natural resources, intensified to meet the high demand. In parallel, the iron element plays an important role in technological advancement due to its ease of obtaining, great affinity with other metals and non-metals, and high efficiency, however, its extraction and obtaining generates worrying environmental impacts from an environmental point of view. Given the above, the motivation for the research was to understand the possible applications of waste containing iron. The objective of this work is to study the valorization of this residue through a bibliographical review and analysis survey via X-Ray Fluorescence from 2016 to 2022, verifying the amount of iron present in the evaluated samples and the feasibility of using the element as raw material in the processes. The methodology used for the development of the work was the survey of the history of analyzes via XRF of the Laboratory of Characterization and Valorization of Materials - LCVMat - of the University of Vale do Rio dos Sinos. Samples of solid waste used in research and still stored in the laboratory were studied, which were analyzed from 2016 to 2022. An inventory of the samples was carried out; subsequent identification of probable samples containing iron in their composition and after searching the equipment history. Samples with an iron percentage between $>50\%$ and $>5\%$ were chosen for the research, in which samples with a minor percentage of iron were discarded. Of the 22 samples analyzed, only 7 were chosen, due to their potential for recycling and, mainly, their dangerousness. The limitations faced in the elaboration of the work were the chemical composition of the samples that were not chosen since they presented some heavy metals (such as lead and chromium) and, mainly, the scarce amount of bibliography related to the subject, evidencing the importance of this article before of current problems linked mainly to the overcrowding of industrial landfills. Future research can be carried out more punctually and applied to each type of use of iron waste. Through the study, it was possible to observe that iron is present in different types of samples, and can be inserted in different areas, without affecting the efficiency of the products or even improving them; in addition to resulting in the reduction of its disposal.*

Keywords: *Iron; Solid waste; Environmental impacts; FRX; Appreciation.*