

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

GABRIEL BRESSAN PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO DE REJEITO DO BENEFICIAMENTO DE FLUORITA
DEPOSITADO EM BARRAGEM DE DECANTAÇÃO NA LOCALIDADE DE
SEGUNDA LINHA TORRENS, MORRO DA FUMAÇA, SUL DE SANTA CATARINA**

CRICIÚMA

2014

GABRIEL BRESSAN PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO DE REJEITO DO BENEFICIAMENTO DE FLUORITA
DEPOSITADO EM BARRAGEM DE DECANTAÇÃO NA LOCALIDADE DE
SEGUNDA LINHA TORRENS, MORRO DA FUMAÇA, SUL DE SANTA CATARINA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau bacharel em Engenharia Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof^o MSc. Nadja Zim Alexandre

CRICIÚMA

2014

GABRIEL BRESSAN PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO DE REJEITO DO BENEFICIAMENTO DE FLUORITA
DEPOSITADO EM BARRAGEM DE DECANTAÇÃO NA LOCALIDADE DE
SEGUNDA LINHA TORRENS, MORRO DA FUMAÇA, SUL DE SANTA CATARINA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau bacharel em Engenharia Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Restauração de ambientes alterados e recuperação de áreas degradadas.

Criciúma, 24 de junho de 2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Nadja Zim Alexandre – Mestre – (IPARQUE/UNESC)

Prof. Vilson Paganini Belletini – Professor – (IPARQUE/UNESC)

Prof. Sérgio Bruchchen – Mestre – (UNESC)

Por nossa realidade corpórea, Deus nos uniu de forma tão estreita ao mundo que nos rodeia que a desertificação do solo é como uma doença para cada um de nós, e podemos lamentar a extinção de uma espécie como se fosse uma mutilação.

Papa Francisco I.

AGRADECIMENTOS

Agradeço minha família, principalmente meus pais, Vilmar Rossi Pereira e Adriana Bressan Pereira, que estiveram sempre ao meu lado me dando muita força, carinho e apoio.

Agradeço aos meus colegas de faculdade e a todos os meus amigos pela força e amizade, aos meus colegas e amigos de trabalho do IPARQUE: Ives, Sérgio, Patrick, Angelo e Juliano, por toda ajuda e conhecimento me passado.

Aos professores do curso que sempre foram ótimos professores e amigos. Aos professores Sérgio e Vilson por aceitarem participar da minha banca.

À minha orientadora Nadja Zim Alexandre que foi muito paciente e dedicada a me orientar e ao meu supervisor de campo Eder Costa Cechella pela dedicação e contribuição. Enfim, agradeço a todos que contribuíram para minha formação.

RESUMO

O setor mineral é o principal fornecedor de matéria prima para as indústrias de transformação. A demanda de matéria prima para a fabricação de produtos vem aumentando, assim, acarretando em uma exploração maior de jazidas, pondo em risco o meio ambiente. Este trabalho tem por objetivo o estudo da caracterização e classificação quanto à periculosidade do rejeito final da flotação de fluorita gerado na planta de beneficiamento de minério, na localidade de Segunda Linha Torrens, município de Morro da Fumaça no sul de Santa Catarina. A classificação deste material se faz necessária para subsidiar as medidas a serem tomadas, visando à reabilitação da área. Na amostragem levou-se em conta a compartimentação da área de estudo em função da homogeneidade da paisagem, obtendo-se uma amostra composta por compartimento. Os procedimentos amostrais seguiram a NBR 10007:2004; e a classificação do rejeito do beneficiamento foi realizada em conformidade das diretrizes da NBR 10004:2004, selecionando-se os parâmetros mais condizentes com o tipo de material a ser investigado. Foram investigadas como características que confere periculosidade ao resíduo a corrosividade, reatividade e toxicidade. Não foram consideradas inflamabilidade e patogenicidade devido à peculiaridades do material ensaiado. Os resultados demonstraram que o rejeito proveniente do beneficiamento de fluorita é classificado como não perigoso, Classe II-A, apresentando solubilidade em água. Entre os constituintes do rejeito, o fluoreto se solubiliza mais facilmente, sendo o responsável pela classificação de rejeito não inerte.

Palavras-chave: Fluorita. Rejeito. Barragem de decantação. NBR 10007:2004. NBR 10004:2004.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização do Distrito Fluorítico de Santa Catarina.....	15
Figura 2 - Corte longitudinal de uma mina de fluorita.....	20
Figura 3 - Configuração de um ciclone.....	25
Figura 4 - Mapa de localização geográfica da barragem de rejeito.....	29
Figura 5 - Localização da área de estudo com a divisão dos três compartimentos. .	31
Figura 6 - Vista geral dos compartimentos ambientais, onde: A) Compartimento Z3 onde o rejeito encontra-se submerso; B) Compartimento Z2 onde o rejeito encontra-se em ambiente seco.	32
Figura 7 - Compartimentação da área de estudo com a malha amostral.	33
Figura 8 - A) Trincheira para coleta de subamostra na Z1. B) Limpeza do terreno para abertura da trincheira para coleta de subamostra na Z2. C) Amostra composta da Z2.	35
Figura 9 - A) Alíquota da amostra composta do compartimento Z1 B) Alíquota da amostra composta do compartimento Z2.	36
Figura 10 - Amostragem realizada no compartimento Z3, onde: A) Draga de fundo do tipo Ekman. B) Peso utilizado para desarmar a draga. C) Barco utilizado para amostragem.	37
Figura 11 - A) Draga com rejeito. B) Balde com amostra composta. C) Saco plástico com amostra composta.	38
Figura 12 - Alíquota da amostra composta do compartimento Z3.....	39
Figura 13 - Fluxograma de classificação de resíduos quanto à periculosidade.	41
Figura 14 - Pasta homogênea do resíduo (Z3) em água na proporção 1:1.....	42
Figura 15 - Agitador rotatório.....	45
Figura 16 - Aparelho de filtração utilizado para obtenção do extrato lixiviado.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição mineralógica aproximada do minério.....	17
Tabela 2 - Localização dos pontos de obtenção das subamostras (intersecção dos pontos da malha amostral) por compartimento amostral.	34
Tabela 3 - Características físico-químicas dos resíduos.	48
Tabela 4 - Resultados dos ensaios para avaliar a reatividade do rejeito e valor limitante estabelecido pela ABNT NBR 10004:2004.	49
Tabela 5 - Resultados dos ensaios realizados (lixiviado).	50
Tabela 6 - Resultados dos ensaios de solubilização realizados nas amostras compostas dos 3 compartimentos da área de estudo.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

DFSC – Distrito Fluorítico de Santa Catarina

IPARQUE – Parque Científico e Tecnológico da UNESC

NBR – Norma Brasileira

PTFE – Politetrafluoretileno

PVC – Policloreto de Vinil (*Polyvinyl Chloride*)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina

USEPA – United States Environmental Protection Agency

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 TIPOS DE DEPÓSITOS.....	16
2.2 TIPOS DE FLUORITA COMERCIALIZADOS E SUAS APLICAÇÕES	17
2.2.1 Grau metalúrgico	17
2.2.2 Tipo ácido	18
2.2.3 Tipo cerâmico	19
2.2.4 Tipo óptico	19
2.3 MÉTODO DE MINERAÇÃO	20
2.3.1 Lavra	20
2.3.2 Beneficiamento de minérios	21
2.3.3 Rejeito do beneficiamento de minérios	26
3 METODOLOGIA	28
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
3.2 METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM.....	30
3.2.1 Amostragem em ambiente seco	34
3.2.2 Amostragem em ambiente úmido	36
3.3 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE ANÁLISE	39
3.4 CLASSIFICAÇÃO DO REJEITO QUANTO À PERICULOSIDADE	40
3.4.1 Avaliação quanto à corrosividade	41
3.4.2 Avaliação quanto à reatividade	43
3.4.3 Avaliação quanto à toxicidade	43
3.5 CLASSIFICAÇÃO DO REJEITO QUANTO À SOLUBILIDADE.....	47
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	48
4.1 CLASSIFICAÇÃO DO REJEITO QUANTO À PERICULOSIDADE	48
4.2. CLASSIFICAÇÃO DO REJEITO QUANTO À SOLUBILIDADE EM ÁGUA	50
5 CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	55
ANEXO 01	58

1 INTRODUÇÃO

O Estado de Santa Catarina desempenha um papel fundamental no setor mineral do sul do Brasil. Uma área importante é a faixa da região sudeste do Estado que se destacou pela produção de fluorita. A utilização da fluorita e dos compostos de flúor, em larga escala, fez com que a atividade extrativa deste mineral, fosse de grande importância econômico-social, destacando-se sua importância mundial nas indústrias metalúrgica e química.

O Distrito Fluorítico de Santa Catarina (DFSC) foi objeto de muitos trabalhos de pesquisa ao longo das últimas três décadas, porém na sua grande maioria, destacaram-se os aspectos geológicos e de engenharia de minas sem, contudo, dar maior ênfase às implicações ambientais.

Desta forma, o presente estudo tem por objetivo principal caracterizar e classificar quanto a sua periculosidade o rejeito gerado na planta de beneficiamento de fluorita, que se constitui como passivo ambiental de uma mineradora localizada em Morro da Fumaça, Santa Catarina, que hoje se encontra desativada, a mineradora suspendeu suas atividades em 2009.

Para atingir esta meta, traçaram-se como objetivos específicos: o desenvolvimento de um plano de amostragem de rejeito, a realização da amostragem e a caracterização do material amostrado através de ensaios de lixiviação e solubilização.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O setor mineral é o principal fornecedor de matéria prima para as indústrias de transformação. A demanda de matéria prima, para a fabricação de produtos aumentou, assim, acarretando em uma exploração maior de jazidas, pondo em risco o meio ambiente.

A fluorita é a principal fonte comercial de flúor. Sua composição química é CaF_2 , quando pura, contém 51,2% de Ca (cálcio) e 48,8% de F (flúor). Sua densidade oscila entre 3,0 a 3,6, possui dureza 4 na escala de Mohs, clivagem perfeita, hábito predominantemente cúbico, traço incolor, brilho vítreo e cores variando entre incolor, branco, verde, violeta, azul, amarelo e roxo (PEÇANHA 2001, p. 01).

Segundo Bevilacqua (1973), seu nome deriva da palavra latina *fluere* que significa fluir. De acordo com o autor, a fluorita já era conhecida pelos povos antigos – gregos, romanos, chineses e a população indígena – que a utilizavam na forma de adornos e como placas ornamentais. A sua utilização para auxiliar na fusão de metais ferrosos teve início por volta de 1500.

O autor esclarece ainda que a mineração de fluorita teve início na Inglaterra em 1779 e nos Estados Unidos no período que vai de 1820 a 1840. No entanto a primeira produção de vulto foi obtida entre 1888 a 1900 devido ao desenvolvimento na indústria de aço. Com isso, vários setores da indústria passaram a utilizar compostos de flúor ocorrendo, entre 1920 a 1942, grandes avanços nos processos de flotação para separação e concentração de minérios com baixos teores.

A fluorita teve, inicialmente, sua maior importância como matéria prima por volta de 1929, quando nos Estados Unidos, teve início à produção industrial de concentrado de fluorita por meio de métodos de flotação que se caracteriza por ser um processo de separação de minerais conduzidos em meio aquoso e na presença de bolhas de ar. Para que seja possível separar as espécies minerais presentes em suspensão aquosa, o processo faz uso de diferenças entre as energias livres das interfaces envolvidas: sólido/líquido, líquido/gás e sólido/gás (LEJA 1986 apud SAVI 2004, p. 17).

A partir deste período a fluorita passou a ter maior demanda no mercado, devido fundamentalmente ao seu emprego nos setores de metalurgia e indústria química. Assim, por exigência de melhores concentrados de fluorita, passou-se a

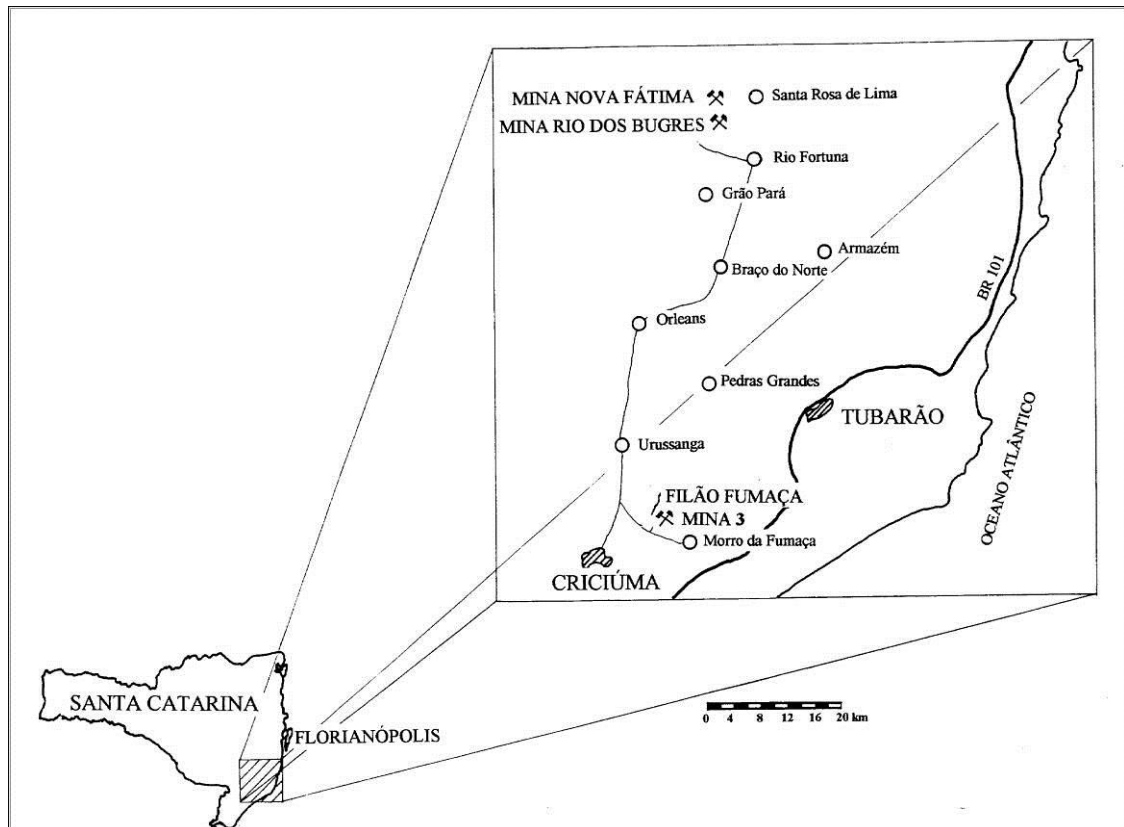
explorar diversas jazidas até então não viáveis economicamente, mas que através de processos de flotação passaram a produzir uma matéria prima de qualidade, gerando, com isto, uma quantidade muito maior de rejeitos e de efluentes (SAVI, 2004).

No Brasil, apenas em 1924 alertou-se para a importância econômica da fluorita com as descobertas de ocorrência nas localidades de Belmonte, na Bahia e nos municípios de Serro, Gruta das Generosas e Sete Lagoas em Minas Gerais. Porém já em 1911 descobrira-se ocorrência de fluorita sem valor comercial no Ceará (BEVILACQUA 1973).

A primeira ocorrência de fluorita em Santa Catarina foi descoberta, provavelmente, no ano de 1950, na localidade de Bom Jesus, atualmente município de Armazém. Entretanto, segundo Putzer (1955), somente ganhou importância a partir de 1960 quando foi descoberta a ocorrência de fluorita na localidade de Segunda Linha Torrens, município de Morro da Fumaça.

As jazidas estão distribuídas ao longo de uma faixa territorial com cerca de 100 km de comprimento por 20 km de largura, denominada Distrito Fluorítico de Santa Catarina (DFSC) (BASTOS NETO 1990 apud SAVI 2004). O autor destaca dois grandes núcleos de mineração: o primeiro localizado no sul do estado, próximo à cidade de Criciúma correspondendo ao Núcleo Morro da Fumaça onde se localizavam as unidades de beneficiamento geradoras dos rejeitos objetos do presente estudo; e o segundo núcleo, distante cerca de 100 km no sentido norte desta, corresponde ao Núcleo Rio Fortuna, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização do Distrito Fluorítico de Santa Catarina.



Fonte: (KLIPPEL, 1999).

Conforme Sampaio et al. (2001), a geologia da área constitui-se de granitos recortados por diques de riolito. Sobre esse embasamento, estão depositados os sedimentos da Bacia do Paraná, caracterizados por arenitos, siltitos, e folhelhos. Localmente, a sequência está recoberta por basaltos e recortada por diques de diabásio.

As mineralizações de fluorita ocorrem na forma de filões, que aparecem encaixados preferencialmente nos granitos e estreitam-se rapidamente ao penetrarem nas rochas sedimentares. Os filões de fluorita são identificados por uma variação de tonalidade que vai desde o verde escuro, nas laterais, passando para verde claro, roxo, amarelo e incolor até o centro. Essa variação de cores tem origem na composição química, presença de elementos traços (terras raras) e temperatura de cristalização de fluorita (SAMPAIO et al., 2001 p. 52)

Rubio, Oliveira e Silva (2010) dizem que pelo fato de manusearem grande volume de água, sólidos, óleos, reagentes residuais, gases, elementos com propriedades radioativas entre outros, os setores mineiro e metalúrgico constituem-se como as indústrias mais impactantes ao meio ambiente.

2.1 TIPOS DE DEPÓSITOS

Existem três tipos conhecidos de depósitos de fluorita: veios ou filões, em camada ou substituição e mistos. Os depósitos de fluorita do estado de Santa Catarina encontram-se no sudeste do estado, entre 48°30' e 49°30' de longitude W. Gr. e entre 27°30' e 29°00' de latitude sul. Os jazimentos dessa região são do tipo filoniano, sendo os veios subverticais (80° a 90° NW), a direção predominante é a NE (30° a 60°) (BEVILACQUA 1973).

Bevilacqua (1973) coloca que veios ou filões são depósitos formados pelo preenchimento mineral de falhas preexistentes. São geralmente, bem inclinados, e sua possança e extensão variam de acordo com a largura e extensão dos falhamentos.

O caráter dessas falhas e os tipos de rochas têm seus efeitos sobre os tipos de depósitos. Assim, as melhores condições estruturais para a deposição de filões são aquelas onde as falhas são moderadas, isto é, as paredes não estejam tão próximas, o que não deixaria espaços vazios para a deposição, e nem, tão afastadas, o que produziria excesso de deposição de material brechóide e preencheria as fraturas.

As falhas cujo deslocamento aparente vai de 30 m a 150 m são as que oferecem melhores condições de deposição de filão. A competência da rocha também influi na formação dos depósitos.

A possança dos veios varia de alguns centímetros até uma vintena de metros. Sua extensão pode atingir vários quilômetros e a profundidade alcança quase 300 m.

Na Tabela 1 encontra-se a composição mineralógica aproximada do minério. A fluorita representa 80% da massa mineral contida com outros 15% representado por calcedônia. O restante da massa é composto por outros minerais menores como, barita, calcita, pirita e pirolusita.

Tabela 1 - Composição mineralógica aproximada do minério.

Minerais	Peso %
Fluorita	80
Calcedônia	15
Outros (barita, calcita, pirita, pirolusita)	5

Fonte: (SAMPAIO et al., 2001).

2.2 TIPOS DE FLUORITA COMERCIALIZADOS E SUAS APLICAÇÕES

Quanto à qualidade e a granulometria, a fluorita classifica-se em quatro tipos: grau metalúrgico, ácido, cerâmico e ótico. Comercialmente a fluorita do tipo ótico é a de menor relevância (BEVILACQUA 1973).

Os tipos ou graus de fluorita têm especificações bem definidas, mas podem sofrer alterações dependendo das peculiaridades do consumidor.

2.2.1 Grau metalúrgico

Assim, para o tipo metalúrgico de fluorita o teor comercial padrão é de 72,5% de CaF_2 efetivo. São comuns também os teores de 60% e 70% de CaF_2 efetivo contido.

Geralmente não é aceitável a presença de sílica em quantidade maior que 5%, pois para cada parte de SiO_2 são necessárias 2,5 de CaF_2 . A fluorita, em contato com o SiO_2 , na fundição, causa a formação de SiF , que é um agente tóxico e é desperdiçado. A porcentagem de enxofre não deve ser superior a 0,3% e a de chumbo deve ficar no máximo em 0,25% a 0,50%. Sulfatos e fosfatos também são indesejáveis. Barita é inaceitável, pois aumenta a viscosidade da escória.

Fisicamente, usam-se dois tipos granulométricos: graúdo, cujas partículas situam-se entre 5 a 15 cm e miúdo, cujas partículas vão de 0,6 a 2,5 cm. É possível usar o processo de pelotização (briquetagem e rolamento) das partículas inferiores a 0,6 cm.

As principais aplicações da fluorita comercializada como grau metalúrgico são as seguintes:

a) Aço: na fabricação de aço a fluorita utilizada é de tipo metalúrgico, e sua função é diluir a escória;

b) Ferros-liga: para a fundição de ligas especiais, comercialmente chamadas de ferrocromo, ferro-manganês, etc., conforme o elemento que se combina com o ferro e que pode ser molibdênio, níquel, tungstênio, titânio, etc. A maioria desses produtos é feita em fornos elétricos e utilizam de 0,5 a 90 kg de fluorita por tonelada de liga produzida;

c) Fundentes especiais: a fluorita é usada como fluxo nas indústrias de refratários, de soldas, de equipamentos para aeronáutica, e em outros processos químicos;

d) Cobertura de haste para solda: para esse fim o tipo de fluorita usado é, em sua maior parte, o cerâmico. Depois, o tipo ácido também é bastante usado e pequena quantidade é do tipo metalúrgico. A fluorita participa de 2% a 50% da mistura;

e) Alumínio primário: na fabricação do alumínio, o flúor é utilizado sob a forma de criolita e fluoreto de alumínio, obtidos a partir do ácido fluorídrico. Sua função nas células eletrolíticas é dissolver a alumina. A quantidade de fluorita necessária para produzir uma tonelada de alumínio está em torno de 58 a 62 kg; e

f) Fundição de zinco, magnésio e outros metais: na fundição do zinco a fluorita entra numa proporção de 20 kg por tonelada produzida.

2.2.2 Tipo ácido

Para o tipo ácido, usado principalmente na indústria do alumínio e química o teor mínimo de CaF_2 exigido é de 97%. Não deve ter mais do que 1,5% de sílica e no máximo 0,10% de enxofre livre ou como sulfatos. Para certos casos limita-se o teor de carbonato de cálcio a 1%.

Para uso na indústria química exige-se que o material seja passante numa peneira de 0,149 mm. Quando seco, o material tem sua umidade limitada a 1%.

Boa parte da fluorita consumida no mundo inteiro é usada na fabricação de ácido fluorídrico, e para isso a fluorita deve ser do tipo ácido.

2.2.3 Tipo cerâmico

O tipo cerâmico deve conter de 85 a 97% de CaF_2 ; menos que 2,5% de sílica; menos que 0,12% de óxido de ferro; a quantidade de calcita é limitada em 1% e só pode ter traços de sulfetos de chumbo ou de zinco.

Este tipo de fluorita encontra emprego na indústria do vidro, esmaltes cerâmicos, fluoretação de água e outros. Para o tipo cerâmico se exige que 50% do material passe na peneira de 0.149 mm.

As principais aplicações da fluorita comercializada como tipo cerâmico são as seguintes:

a) Vidro: na indústria do vidro a fluorita tem vários usos, entre os quais: fluxo e opacificador. Serve também para colorir e opalecer vidros para serem usados como bulbos e lâmpadas, globos, frascos de cosméticos e de remédios e outros usos. Usa-se a fluorita também na fabricação de fibras de vidro. A fluorita utilizada para esses fins 85% é do tipo cerâmico e o restante é do tipo ácido;

b) Esmaltes: outro uso da fluorita tipo cerâmico é no revestimento de materiais metálicos, tubos de banheiro, lavatórios, refrigeradores, fogões, etc. A fluorita perfaz 15% desses banhos de esmalte;

c) Fluoretação de água: na década de 1950 desenvolveu-se em método que permite a adição direta de fluorita na água através de uma reação com sulfeto de alumínio. O flúor funciona como agente preventivo de cáries dentárias;

d) Outros usos: a fluorita encontra aplicações na fabricação de cimento Portland, para obter cianeto de cálcio (CaN_2), para colocação de tijolos, em lentes óticas na forma de LiF , MgF_2 e outros, para reduzir a reflexão de luz e muitos outros usos.

2.2.4 Tipo óptico

Devido ao seu baixo índice de refração e sua fraca dispersão a fluorita possui também aplicações no campo da ótica.

Por isso, cristais bem desenvolvidos são preferidos. Os cristais devem ser incolores, transparentes e não podem possuir falhas ou inclusões.

2.3 MÉTODO DE MINERAÇÃO

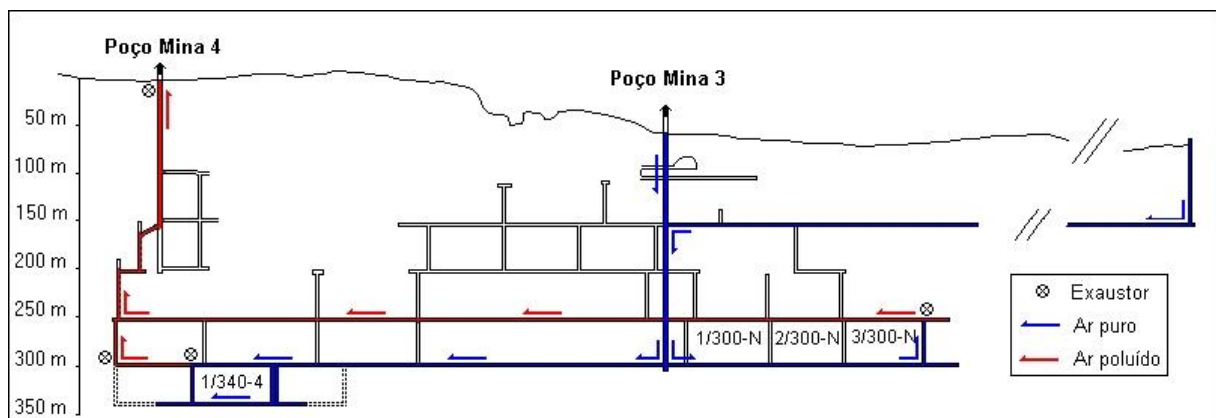
2.3.1 Lavra

Os métodos de lavra usados nas minas de fluorita variam conforme o tipo e condições de jazimento dos depósitos. Encontram-se minerações subterrâneas e a céu aberto.

Nas minas de filões que é o caso do presente trabalho, os métodos mais usuais são *top-slicing*, *cut-and-fill* e *shrinkage*, dependendo das condições dos jazimentos. O grau de mecanização também é variável, dependendo da riqueza e tamanho das jazidas (BEVILACQUA 1973).

Sampaio et al. (2001) coloca que a lavra é subterrânea e o método empregado é o *shrinkage stoping*; um poço vertical permite o acesso ao corpo do minério. A cada 50 m de profundidade são desenvolvidas galerias horizontais que acompanham a direção do filão de fluorita (subníveis). Essas galerias servem para o trânsito de pessoal, escoamento de minério, instalação de redes de ar comprimido, água e energia elétrica, além de ventilação no subsolo Figura 2.

Figura 2 - Corte longitudinal de uma mina de fluorita.



Fonte: (SAVI, 2004).

Após o desenvolvimento da galeria horizontal, a cada 80 m é preparado um bloco de lavra que se constitui em uma unidade de desmonte de minério, individualizada por duas chaminés que ligam o nível inferior ao imediatamente superior. O desmonte do minério é feito de maneira ascendente, entre os dois níveis

que delimitam o bloco, finalizado ao aproximar-se do nível superior. Mantém-se um pilar do minério *in situ* entre a face do desmonte e o nível superior com aproximadamente 2,0 m de espessura.

Após o desmonte do minério, procede-se ao transporte de 30% em volume do mesmo, correspondente ao empolamento. Esse procedimento cria um espaço vazio no topo do bloco, que é utilizado para circulação do pessoal. O volume residual do minério desmontado permanece estocado no interior do bloco, servindo de piso. Ao concluir o desmonte do minério no bloco de lavra, o material estocado é transportado para a superfície. Esse transporte é feito horizontalmente no nível de lavra através de comboios tracionados por locomotiva a diesel e verticalmente por um guincho no poço de extração (SAMPAIO et al., 2001).

2.3.2 Beneficiamento de minérios

Tratamento ou Beneficiamento de Minérios consiste de operações – aplicadas aos bens minerais – visando modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma, sem, contudo modificar a identidade química ou física dos minerais, seguindo as exigências do mercado. Alguns autores defendem um conceito mais amplo para o tratamento de minérios, como sendo um processamento no qual os minerais podem sofrer até alterações de ordem química, resultantes de simples decomposição térmica ou mesmo de reações típicas geradas pela presença do calor. A aglomeração de finos de minérios (briquetagem, sinterização e pelletização), a ustulação e a calcinação são consideradas, dentro deste conceito mais abrangente, como tratamento de minérios (LUZ; LINS, 2010).

Luz e Lins (2010) afirmam que para um minério ser concentrado, é necessário que os minerais estejam fisicamente liberados. Isto implica que uma partícula deve apresentar, idealmente, uma única espécie mineralógica. Para se obter a liberação do mineral, o minério é submetido a uma operação de redução de tamanho – cominuição, isto é, britagem e/ou moagem –, que pode variar de centímetros até micrômetros. Uma vez que o minério foi submetido à redução de tamanho, promovendo a liberação adequada dos seus minerais, obtendo-se, nos procedimentos mais simples, um concentrado e um rejeito.

A história registra que, 400 anos antes da Era Cristã, os egípcios já recuperavam ouro de depósitos aluvionares, usando processos gravíticos.

O primeiro texto que se constituiu em instrumento de referência sobre os bens minerais foi publicado em 1556 por Georges Agricola. Neste, já há registro da utilização do moinho tipo pilão movido à água, concentração gravítica através de calha e concentração em leito pulsante obtido com o auxílio de peneira em forma de cesta (um jig primitivo).

A partir do século XVIII, com a invenção da máquina a vapor, que se caracterizou como o início da revolução industrial, ocorreram inovações mais significativas na área de tratamento de minérios. Pela metade do século XIX, em 1864, o emprego do tratamento de minérios se limitava praticamente àqueles de ouro, cobre nativo e chumbo (Valente, 1982).

Os grandes desenvolvimentos na área de beneficiamento de minérios ocorreram no final do século XIX e início do século XX, sendo a utilização industrial da flotação, na Austrália, em 1905, a inovação mais impactante (LUZ; LINS, 2010).

A variabilidade dos teores de minérios que alimentam as plantas de beneficiamento afeta a otimização dos processos. Sua redução pode ser obtida pela modificação do sequenciamento de lavra ou utilizando-se unidades de homogeneização de minério (COSTA et al., 2008).

Nesse contexto, as pilhas de homogeneização representam o método mais simplificado e difundido utilizado para redução da variabilidade dos teores. O método consiste na disposição em camadas horizontais, após a britagem do minério ROM (run off mine) e da retomada posterior em fatias verticais. Desta forma, para se obterem ganhos significativos, é imprescindível a otimização dos parâmetros das pilhas, à medida que o incorreto dimensionamento pode acarretar em estoques elevados e, conseqüentemente, perdas financeiras. O incorreto dimensionamento desses parâmetros, também, pode ocasionar variabilidade de retomada da pilha em valores superiores ao esperado (SAMPAIO; FRANÇA; BRAGA, 2007).

Chaves e Peres (2003) colocam que no processo de beneficiamento mineral as operações de cominuição, se fazem necessárias. Cominuição é o conjunto de operações de redução de tamanhos de partículas minerais, executado de maneira controlada e de modo a cumprir um objetivo pré determinado. Isto inclui as exigências de controlar o tamanho máximo dos produtos e de evitar a geração de quantidades excessivas de finos.

As operações de cominuição são a britagem e a moagem. Elas são diferentes não só em termos da faixa de tamanhos do minério considerada, como principalmente, dos mecanismos de redução de tamanhos envolvidos. Nos processos de britagem, as partículas grosseiras sofrem a ação de forças de compressão ou de impacto. Os processos de moagem se restringem às frações mais finas e utilizam mecanismos de abrasão de arredondamento (quebra de arestas) (CHAVES; PERES, 2003 p. 427).

Figueira, Luz e Almeida (2010) colocam a britagem como uma operação que fragmenta os blocos obtidos na lavra, mas como existe uma série de tipos de equipamentos, esta operação deve ser repetida diversas vezes, mudando-se o equipamento, até se obter um material adequado à alimentação da moagem. A moagem é a operação de fragmentação fina obtendo-se nesta um produto adequado à concentração ou a qualquer outro processo industrial (pelotização, calcinação, lixiviação, combustão etc).

Correia (2010) define classificação como a separação de certo material em duas ou mais frações, com partículas de tamanhos distintos. No método de classificação, a separação é realizada tomando-se como base o conceito da velocidade em que os grãos atravessam certo meio fluido. No processamento mineral, o meio fluido mais utilizado é a água.

As partículas introduzidas na coluna de separação sobem ou descem dependendo das suas velocidades terminais. Assim, são obtidos dois produtos: um *overflow* (partículas finas), consistindo de partículas com velocidade terminal menor que a velocidade do fluido e um *underflow* (partículas grossas), de partículas com velocidade terminal maior do que a velocidade do fluido (CORREIA, 2010 p. 263).

Vários são os equipamentos de classificação, porém, no atual estudo são considerados o peneiramento e a ciclonagem (CHAVES, 2002). No caso das distribuições granulométricas, o parâmetro de maior interesse é algum valor central, conceituado como sendo um tamanho que, de alguma forma, caracterize bem o processo em estudo, sendo usuais:

a) o d_{80} nos processos de britagem, moagem e peneiramento; trata-se do diâmetro pelo qual passa 80% da população;

b) o d_{95} nos processos de classificação em ciclones ou classificadores; trata-se do diâmetro pelo qual passa 95% da população do produto mais fino, em ambos os casos, o overflow; e

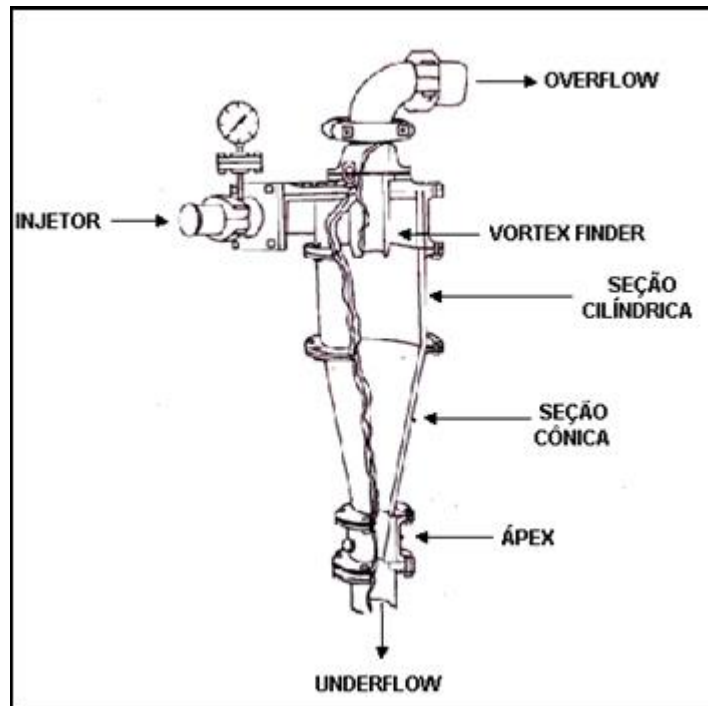
c) o d50 nos cálculos do bombeamento de polpa; trata-se do diâmetro pelo qual passa 50% da população.

Entende-se por peneiramento, a separação de um material em duas ou mais classes, estando estas limitadas uma superior e outra inferiormente. No peneiramento a úmido adiciona-se água ao material a ser peneirado com o propósito de facilitar a passagem dos finos através da tela de peneiramento. O material retido na tela da peneira é denominado *oversize* e o passante, *undersize*. Os peneiramentos industriais a seco são realizados, normalmente, em frações granulométricas de até 6 mm. Entretanto, é possível peneirar a seco com eficiência razoável em frações de até 1,7 mm (CORREIA, 2010 p.276).

No campo do tratamento de minérios, a ciclonação é uma operação feita a úmido, ou seja, a alimentação dos ciclones é uma polpa ou suspensão de partículas sólidas em água.

Vale ressaltar que o ciclone não tem partes móveis. Ele é constituído de um vaso com parte em formato cilíndrico e parte em formato cônico, dotado de uma abertura de entrada e duas aberturas de saída. A entrada da alimentação é tangencial à porção superior da parte cilíndrica do ciclone. Uma das aberturas de saída situa-se na extremidade inferior da porção cônica e é chamada de *ápex*; por ai descarrega o produto grosseiro da classificação. A outra abertura de saída é o *vortex finder*, que descarrega o produto fino; é um cano introduzido na posição central da base superior da porção cilíndrica e descarregando para cima (CHAVES, 2002). A Figura 3 mostra as configurações desse equipamento.

Figura 3 - Configuração de um ciclone.



Fonte: (CORREIA, 2010).

Trawinski apud Correia (2010) listou as principais aplicações para os hidrociclones, dentre as quais, são citadas:

- a) Espessamento - elimina a maior parte da água de uma polpa;
- b) Deslamagem - elimina as partículas mais finas. Isto é, normalmente necessário para os processos de separação magnética a úmido, filtração, etc;
- c) Classificação - frequentemente utilizado no fechamento de circuito de moagem onde o underflow do hidrociclone retorna ao moinho;
- d) Classificação seletiva - por meio de uma configuração de hidrociclones em série, é possível obter-se um conjunto de produtos com granulometria definida;
- e) Pré concentração - utilizando hidrociclones de fundo chato, pode-se realizar concentração por gravidade onde os minerais mais densos são descartados pelo underflow.

A moagem é o último estágio do processo de fragmentação. Neste, as partículas são reduzidas pela combinação de impacto, compressão, abrasão e atrito, a um tamanho adequado à liberação do mineral de interesse, geralmente, a ser concentrado nos processos subsequentes. Cada minério tem uma malha ótima para ser moído, dependendo de muitos fatores, incluindo a distribuição do mineral útil na ganga e o processo de separação que vai ser usado em seguida (FIGUEIRA; LUZ; ALMEIDA, 2010 p.161).

O processo de flotação é uma separação feita numa suspensão em água (polpa), as partículas são obrigadas a percorrer um trajeto e num dado instante as partículas que se deseja flotar são levadas a abandoná-lo, tomando um rumo ascendente, flotando (CHAVES; LEAL FILHO, 2004). Se uma partícula consegue capturar um número suficiente de bolhas, a densidade do conjunto partícula/bolhas torna-se menor que a do fluido e o conjunto se desloca verticalmente para a superfície, onde fica retido e é separado numa espuma, enquanto que as partículas das demais espécies minerais mantêm inalterada a sua rota.

Os autores acima ainda colocam que, para que seja possível separar as espécies minerais presentes nesse meio aquoso, o processo faz uso de diferenças entre energias livres das interfaces envolvidas: sólido/líquido, líquido/gás e sólido/gás. Para que partículas minerais sofram adesão a bolhas de ar, é necessário que a área das interfaces sólido/líquido e líquido/gás sofram retração acompanhadas de, uma conseqüente expansão da área da interface sólido/gás.

A hidrofobicidade de um sólido pode ser avaliada diretamente pelo ângulo de contato θ entre as fases sólida, líquida e gasosa. Quando este ângulo, medido por convenção na fase líquida, é estabelecido, admite-se que o equilíbrio foi atingido entre as interfaces sólido-líquido, sólido-gás e gás-líquido, estando às mesmas mutuamente saturadas. Se o ângulo θ apresentar valores elevados, as bolhas espalham-se sobre a superfície e, portanto, o sólido que não foi molhado pelo líquido (meio aquoso) é considerado hidrofóbico (MONTE; PERES, 2010 p. 409).

No entanto Chaves e Leal Filho (2004) colocam que o comportamento hidrofílico das espécies minerais pode ser bastante alterado pela introdução de substâncias adequadas no sistema, podendo afirmar, com certeza, que qualquer substância mineral pode ser tornada hidrofóbica mediante a adição judiciosa de substâncias à polpa. Ainda mais, é possível, estando presentes duas espécies minerais, induzir a hidrofobicidade em apenas uma delas, mantendo a outra hidrofílica, ou seja, é possível induzir uma hidrofobicidade seletiva.

2.3.3 Rejeito do beneficiamento de minérios

As atividades relacionadas à produção mineral geram um volume significativo de massa do minério que é rejeitada nos processos de lavra e

beneficiamento. A disposição desses rejeitos, à semelhança daqueles resultantes de atividades industriais, urbanas ou de pesquisas nucleares, é, na atualidade, um contratempo à indústria mineral (SOARES, 2010).

As características granulométricas desse rejeito dependem do minério bruto a ser extraído e do processo industrial de beneficiamento, podendo abranger uma ampla faixa de materiais, desde grosseiros até solos de granulometria muito fina (PEREIRA, 2005).

O processo de amostragem deve ser realizado com um estudo prévio da área, definindo os objetivos do programa. A coleta do rejeito deve obedecer às normas da ABNT NBR 10007:2004 - Amostragem de Resíduos Sólidos. Considerando os aspectos químicos (em relação aos contaminantes), obedecendo às normas ABNT NBR 10005:2004 - Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos e ABNT NBR 10006:2004 - Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Por fim o rejeito deve ser classificado quanto à sua periculosidade, seguindo recomendações da norma ABNT NBR 10004:2004 - Resíduos sólidos – Classificação.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido com pesquisa bibliográfica e de campo, além de análises laboratoriais. Para atingir os objetivos propostos definiu-se uma sequência de etapas:

- a) Reconhecimento em campo e descrição da área de estudo;
- b) Definição da metodologia de amostragem;
- c) Definição dos parâmetros de análise;
- d) Classificação do rejeito quanto à periculosidade;
- e) Classificação do rejeito quanto à solubilidade em água.

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende uma antiga barragem de rejeito oriundo do beneficiamento por flotação de fluorita, e encontra-se inserida na bacia do Rio Urussanga, sub-bacia do Rio Cocal, na localidade de 2ª Linha Torrens, Município de Morro da Fumaça, sul de Santa Catarina (Figura 4).

A indústria operou no local no período compreendido entre 1989 e 2009, encontrando-se paralisada desde então.

3.2 METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM

O processo de amostragem se inicia com a definição dos objetivos do programa e deve ser precedida de um estudo prévio da área a ser amostrada, considerando tanto os aspectos químicos (em relação aos contaminantes) quanto os aspectos geológicos e hidrogeológicos do local (CAVALCANTI, 2009).

A fase de planejamento foi realizada com o auxílio de imagem de satélite de alta resolução, datada de 2010. Com base nas imagens subdividiu-se a área de estudo em três compartimentos (Z1, Z2 e Z3). Esta compartimentação foi realizada em função da homogeneidade da paisagem, principalmente com relação à cobertura vegetal e existência de área alagada. A Figura 5 mostra a compartimentação da área de estudo, onde nas áreas coloridas em laranja constatou-se, em campo, tratar-se de solo natural.

Figura 5 - Localização da área de estudo com a divisão dos três compartimentos.



Fonte: IPARQUE/UNESC (2014).

A área total é de 124.824,03 m², porém, nem todas as áreas possuem rejeito de beneficiamento de fluorita; sendo que as áreas com rejeito totalizam 102.719,87 m². O compartimento Z1 apresenta 43.778,15 m²; Z2 com 38.469,67 m² e o Z3 com 20.472,05 m². As áreas com solo natural somam 22.104,16 m². Nos compartimentos Z1 e Z2 o rejeito encontra-se depositado em ambiente seco, enquanto que no compartimento Z3, o rejeito encontra-se submerso conforme Figura 6.

Figura 6 - Vista geral dos compartimentos ambientais, onde: A) Compartimento Z3 onde o rejeito encontra-se submerso; B) Compartimento Z2 onde o rejeito encontra-se em ambiente seco.



Fonte: acervo do autor, 2014.

Foram definidos os locais de amostragem e o número de subamostras de forma a compor uma amostra composta por compartimento (Z1, Z2 e Z3). A amostragem foi realizada conforme recomenda a ABNT NBR 10007:2004 – Amostragem de Resíduos Sólidos.

Para sistematizar o procedimento adotou-se uma malha quadriculada com espaçamento de 60x60 metros nos compartimentos Z1 e Z2, enquanto que no compartimento Z3 adotou-se uma malha de 40x40 metros. A malha amostral foi sobreposta às fotografias aéreas da área de estudo, onde se demarcou previamente a intersecção de cada quadra representando o local de obtenção da subamostra. Em cada ponto de intersecção ou “nó” das quadras foi obtida uma porção de amostra que integrou a amostra composta de cada um dos três compartimentos, conforme mostra a Figura 7.

Figura 7 - Compartimentação da área de estudo com a malha amostral.



Fonte: IPARQUE/UNESC.

Na Tabela 2 constam as coordenadas UTM do local de obtenção das subamostras que compõem a amostra composta de cada compartimento. A malha amostral foi definida de forma a obter um número entre 10 e 20 subamostras por compartimento, realizando alguns ajustes nos quantitativos das porções amostrais com a finalidade de atender na integralidade os objetivos propostos no estudo.

Tabela 2 - Localização dos pontos de obtenção das subamostras (intersecção dos pontos da malha amostral) por compartimento amostral.

Z1		Z2		Z3	
N	E	N	E	N	E
669045	6833847	669145	6834047	669115	6834047
669095	6833847	669195	6834047	669035	6834007
669145	6833847	669245	6834047	669075	6834007
669195	6833847	669295	6834047	669115	6834007
669045	6833797	669345	6834047	668995	6833967
669095	6833797	669195	6833997	669035	6833967
669145	6833797	669245	6833997	669075	6833967
669195	6833797	669295	6833997	669115	6833967
669095	6833747	669345	6833997	669035	6833927
669145	6833747	669145	6833947	669075	6833927
669195	6833747	669195	6833947	669115	6833927
669245	6833747	669245	6833947	669075	6833887
		669295	6833947		
		669345	6833947		
		669145	6833897		

Fonte: dados do autor.

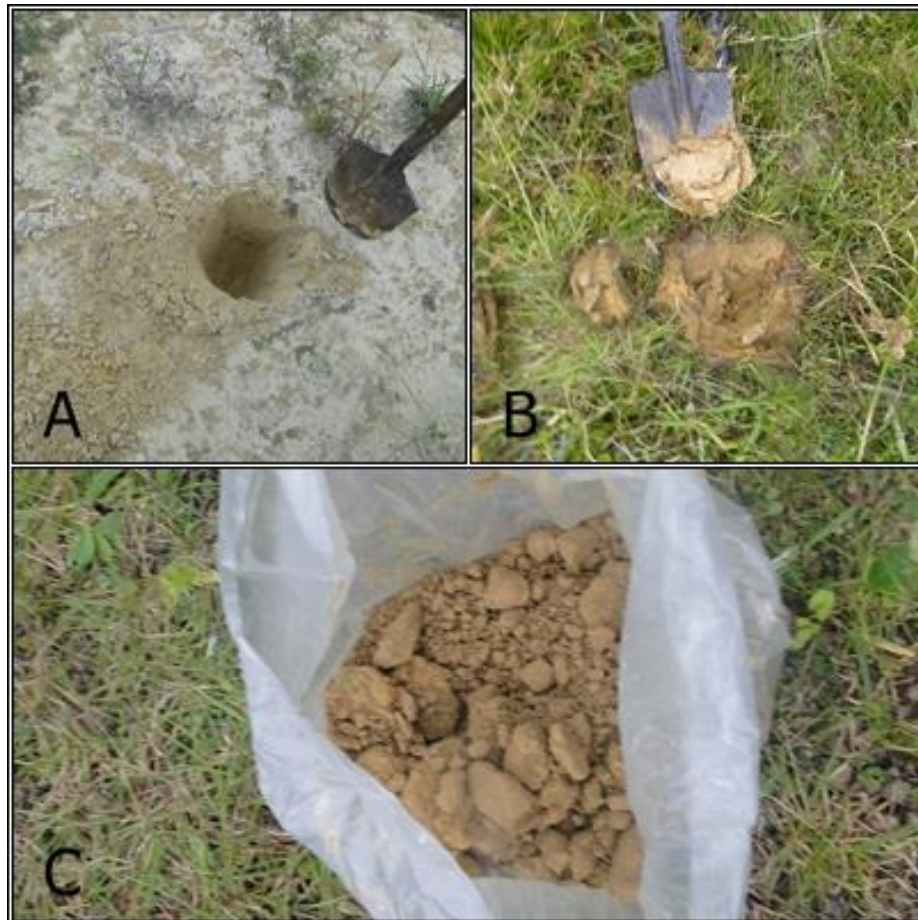
As subamostras foram obtidas em pontos georreferenciados com o auxílio de um GPS Garmin.

3.2.1 Amostragem em ambiente seco

As subamostras de rejeitos sólidos correspondentes aos compartimentos Z1 e Z2 foram coletadas com auxílio de uma pá de corte manual a uma profundidade entre 5 e 30 cm de profundidade.

As subamostras foram obtidas em trincheiras escavadas com tamanho médio de 20x20 cm conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 - A) Trincheira para coleta de subamostra na Z1. B) Limpeza do terreno para abertura da trincheira para coleta de subamostra na Z2. C) Amostra composta da Z2.

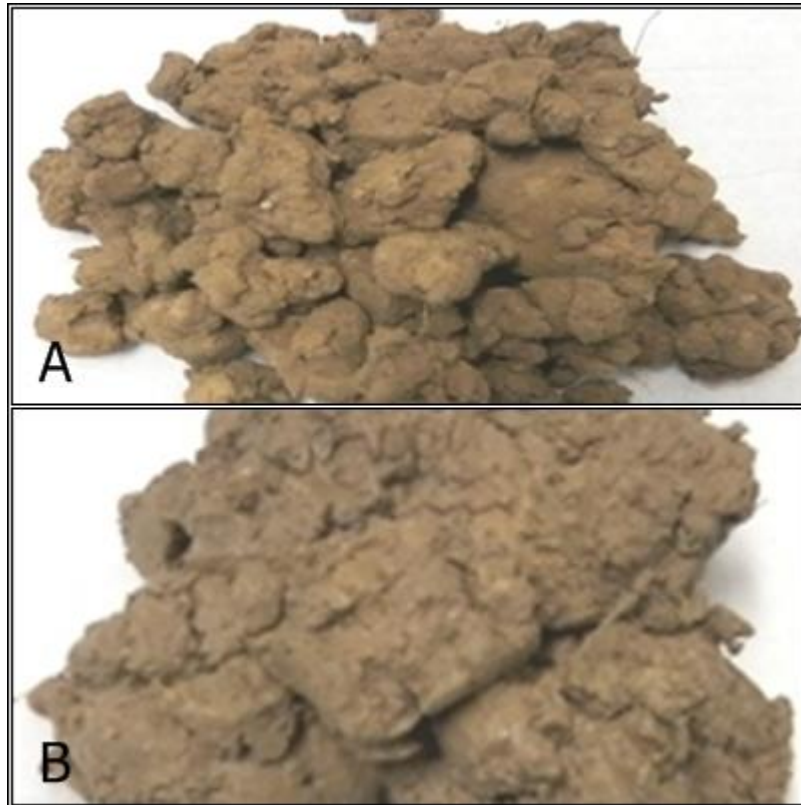


Fonte: acervo do autor, 2014.

Previamente à amostragem foi realizada a limpeza da superfície do local, removendo-se a camada superficial (0 a 5 cm). Esse processo foi realizado para a retirada de possíveis resíduos orgânicos e restos de vegetação, além de material mais exposto a intempéries dos dias antecedentes à coleta que poderiam interferir nos resultados laboratoriais.

Posteriormente, cada conjunto de subamostras obtidas em cada um dos dois compartimentos foi homogeneizado e quarteado (Figura 9).

Figura 9 - A) Alíquota da amostra composta do compartimento Z1 B) Alíquota da amostra composta do compartimento Z2.



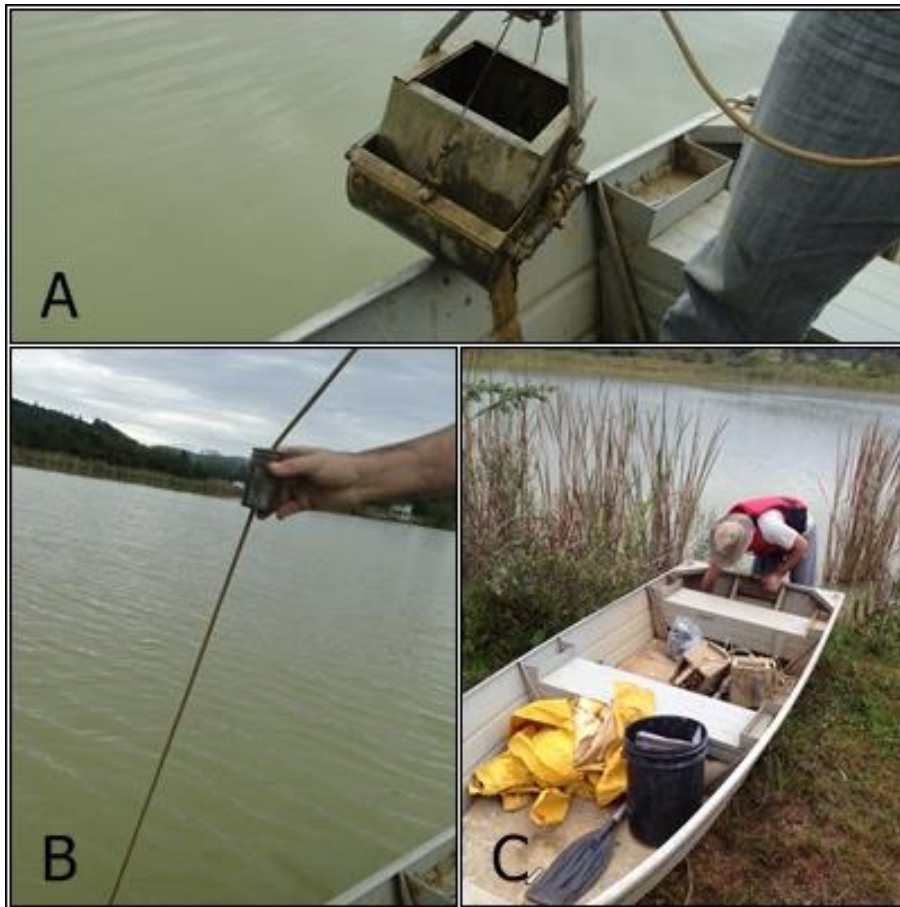
Fonte: Laboratório de Resíduos IPARQUE/UNESC.

Assim, preferencialmente às sucessivas etapas de homogeneização e quarteamento, foram realizadas de forma convencional, ou seja, distribuindo-se o total de subamostras de cada área sobre uma lona e homogeneizando-se o material com auxílio de pás e enxada. Esta etapa foi realizada nas dependências do IPARQUE/UNESC. Logo após, as amostras compostas foram armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados e encaminhados ao Laboratório de Resíduos do referido instituto.

3.2.2 Amostragem em ambiente úmido

Em ambiente úmido, ou seja, na lagoa de decantação da antiga usina de beneficiamento onde o rejeito encontra-se submerso e que corresponde ao compartimento Z3, as amostras foram coletadas com auxílio de um barco e uma draga de fundo do tipo Ekman. A Figura 10 ilustra a amostragem do rejeito no compartimento Z3.

Figura 10 - Amostragem realizada no compartimento Z3, onde: A) Draga de fundo do tipo Ekman. B) Peso utilizado para desarmar a draga. C) Barco utilizado para amostragem.



Fonte: acervo do autor, 2014.

As subamostras foram obtidas com o lançamento da draga até o fundo da bacia de decantação, quando então, era enviado o peso que desarma a draga coletando aproximadamente $0,005 \text{ m}^3$ de material depositado no fundo. As subamostras foram obtidas com este método em cada ponto definido na malha amostral da Figura 7 (compartimento Z3). A Figura 11 mostra a situação do rejeito coletado em Z3.

Figura 11 - A) Draga com rejeito. B) Balde com amostra composta. C) Saco plástico com amostra composta.



Fonte: acervo do autor, 2014.

Nas dependências do IPARQUE, procedeu-se a homogeneização e quarteamento das subamostras. A amostra composta (Figura 12) quarteada foi novamente armazenada em saco plástico devidamente identificado e encaminhado ao Laboratório de Resíduos.

Figura 12 - Alíquota da amostra composta do compartimento Z3.



Fonte: Laboratório de Resíduos IPARQUE/UNESC.

3.3 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE ANÁLISE

No laboratório as amostras compostas provenientes dos compartimentos Z1, Z2 e Z3, foram peneiradas manualmente tendo por finalidade reduzir a granulometria para 9,5 mm e homogeneizar as partículas.

Todos os equipamentos utilizados na fase de caracterização foram calibrados e as soluções necessárias para a execução dos ensaios laboratoriais foram preparadas conforme as recomendações descritas em USEPA (1986).

A definição dos parâmetros de análise para a caracterização do rejeito e classificação quando à sua periculosidade, levou em conta o referencial bibliográfico e as diretrizes da ABNT NBR 10004:2004.

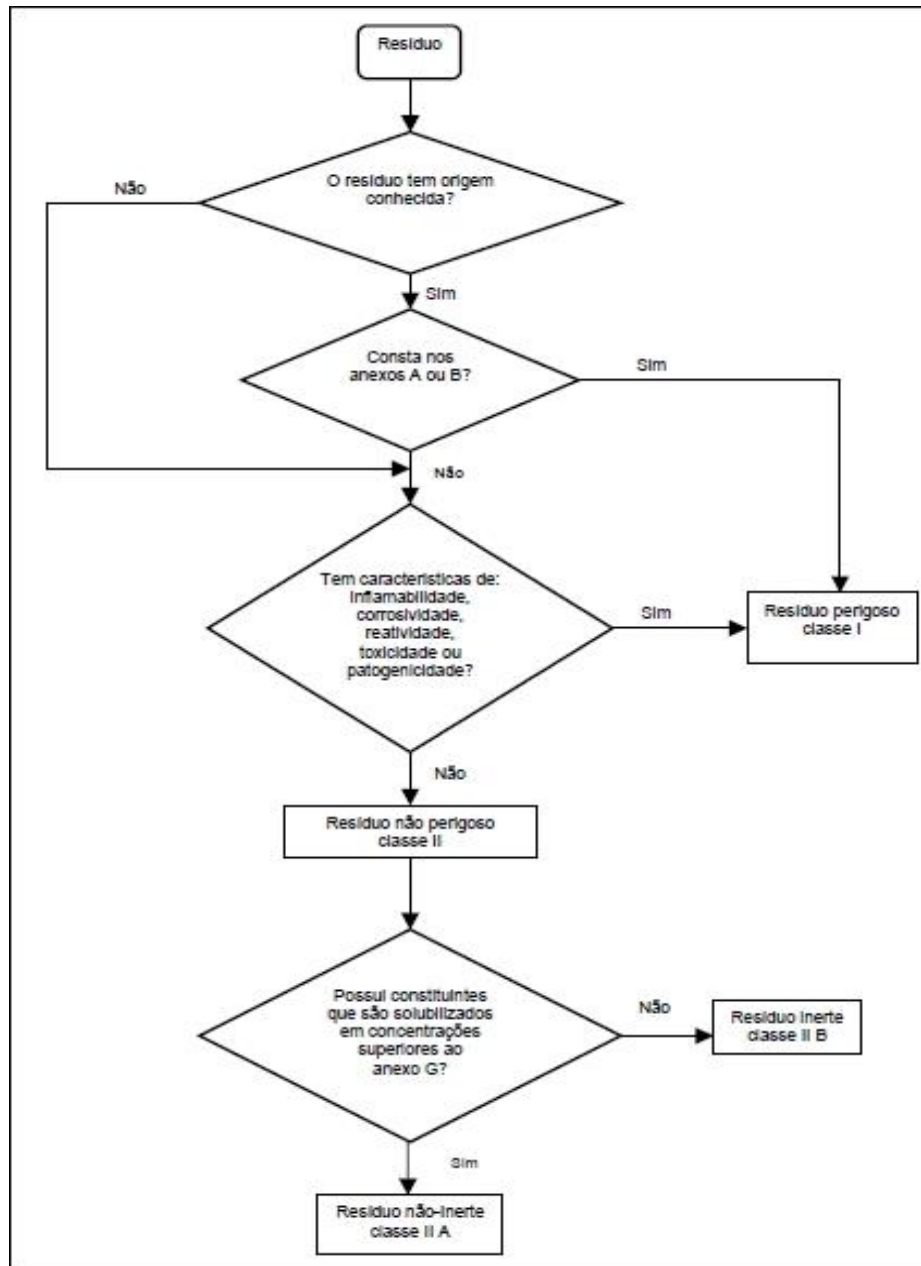
Assim, os parâmetros determinados nas amostras compostas dos três compartimentos (Z1, Z2 e Z3) foram: cianeto e sulfetos (massa bruta e solubilizado), cor, densidade real, odor, óleos e graxas, pH da amostra bruta. No extrato lixiviado preparado de acordo com a ABNT NBR 10005:2004 foram determinados: arsênio, bário, cádmio, chumbo, cromo, fluoreto, mercúrio, prata e selênio. No solubilizado preparado conforme ABNT NBR 10006:2004 determinou-se alumínio, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cloretos, cobre, cromo, fenóis, ferro, fluoretos, manganês, mercúrio, nitrato, prata, selênio, sódio, surfactantes, sulfatos e zinco.

3.4 CLASSIFICAÇÃO DO REJEITO QUANTO À PERICULOSIDADE

Os resultados analíticos permitem avaliar se as amostras apresentam periculosidade. As etapas de classificação são mostradas na Figura 13 que apresenta o procedimento descrito na ABNT NBR 10004:2004.

Entre as características que conferem periculosidade ao rejeito, foram avaliadas corrosividade, reatividade e toxicidade. As características de inflamabilidade e patogenicidade não foram avaliadas por se entender que não eram necessárias em função das condições do rejeito.

Figura 13 - Fluxograma de classificação de resíduos quanto à periculosidade.



Fonte: NBR 10004 (2004).

3.4.1 Avaliação quanto à corrosividade

Foram realizadas duas leituras de pH em cada amostra, sendo realizadas com o material *in natura*, de acordo com a ABNT NBR 10004:2004, item 4.2.1.2, que estabelece os procedimentos para avaliar a periculosidade de resíduos em função de sua corrosividade.

Um resíduo é caracterizado como corrosivo (código de identificação D002) se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades: ser aquosa e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou, superior ou igual a 12,5, ou sua mistura com água, na proporção de 1:1 em peso, produzir uma solução que apresente pH inferior a 2 ou superior ou igual a 12,5 (ABNT, 2004).

Para a avaliação do material quanto à corrosividade, a medida de pH foi realizada em uma pasta homogênea obtida da mistura de uma porção da amostra *in natura* composta do resíduo de cada área com água desionizada, na mesma proporção de água Figura 14. Como uma das amostras foi coletada em uma bacia e já apresentava umidade, foi realizada a compensação para adição de água deionizada.

Figura 14 - Pasta homogênea do resíduo (Z3) em água na proporção 1:1.



Fonte: acervo do autor.

A mistura foi submetida à agitação por 5 minutos, sendo a leitura do pH realizada 30 minutos após o término da agitação, utilizando peagômetro digital. As leituras foram realizadas em duplicata.

3.4.2 Avaliação quanto à reatividade

Para avaliar a reatividade da amostra foi quantificada a presença de íons CN^- ou S^{2-} , conforme estabelecido na ABNT NBR 10004:2004, item 4.2.1.3, que estabelece os procedimentos corretos para avaliar a reatividade de resíduos.

Um resíduo é caracterizado como reativo (código de identificação D003) se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades: possuir em sua constituição os íons em concentrações que ultrapassem os limites de 250mg de HCN liberável por quilograma de resíduo ou 500mg de H_2S liberável por quilograma de resíduo, de acordo com ensaio estabelecido no USEPA - SW 846 (ABNT, 2004).

Os procedimentos para a avaliação de sulfetos foram realizados de acordo com as normas da USEPA – SW 9034 (1996). Os procedimentos para avaliação de cianetos foram terceirizados com o laboratório da UNISUL, que utilizou o método espectrofotômetro UV-Vis com cloramina – T/ácido barbitúrico.

3.4.3 Avaliação quanto à toxicidade

De acordo com a ABNT NBR 10004:2004, item 4.2.1.4:

Um resíduo é caracterizado como tóxico se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades: quando o extrato obtido desta amostra, segundo a ABNT NBR 10005, contiver qualquer um dos contaminantes em concentrações superiores aos valores constantes no anexo F. Neste caso, o resíduo deve ser caracterizado como tóxico e classificado como perigoso Classe I com base no ensaio de lixiviação, com código de identificação constante no anexo F (ABNT, 2004).

Alíquotas das amostras compostas foram preparadas conforme os procedimentos sugeridos pela ABNT NBR 10005:2004. Nos compartimentos Z1 e Z2 (amostras obtidas em ambiente seco), seguiram-se os procedimentos citados em 5.1.1, que diz que a amostra deve passar em peneira de malha de 9,5 mm. Para a amostra de ambiente úmida (Z3) utilizou-se os procedimentos 5.1.2, que considera

no cálculo da porcentagem dos contaminantes, a concentração de sólidos em suspensão na amostra bruta.

Para realizar o ensaio de lixiviação foi usado um meio extrator, que depende do pH da amostra. O procedimento consta no item 5.1.3 da ABNT NBR 10005:2004 e para o compartimento Z3 pode ser assim resumido:

- a) Pesou-se 5,0 g do rejeito com tamanho reduzido ($\leq 9,5$ mm) e dispô-lo em um béquer;
- b) Adicionou-se 96,5 mL de água desionizada;
- c) Mediu-se o pH. Se o pH for $\leq 5,0$, utilizar a solução de extração nº 1. Se o pH for $> 5,0$, adicionar 3,5 mL de HCl 1 N;
- d) Homogeneizou-se a solução, cobrir com vidro de relógio, aquecer a 50°C durante 10 minutos, esfriar a solução;
- e) Mediu-se o pH. Se o pH for $\leq 5,0$, utilizar a solução de extração nº 1 e se for $> 5,0$ a solução de extração nº 2.

Para as amostras dos compartimentos Z1 e Z2, seguiu-se o procedimento do tópico 5.2 da ABNT NBR 10005:2004, conforme segue:

- a) Pesou-se uma quantidade de 25 g de amostra necessária;
- b) Transferiu-se a amostra para o frasco de lixiviação;
- c) Adicionou-se 20 vezes a massa da amostra de solução de extração (500 g);
- d) Fecha-se o frasco, utilizando fita de PTFE para evitar vazamento;
- e) Manteve-se o frasco sob agitação durante 18 horas à temperatura de até 25°C com uma rotação de 30 rpm no agitador rotatório (Figura 15);
- f) Após este período, filtrou-se a amostra, o filtrado obtido é denominado extrato lixiviado. Após obtenção do extrato lixiviado, deve-se determinar o pH.

Os extratos lixiviados obtidos a partir das amostras compostas dos compartimentos ambientais Z1 e Z2 foram preservados, e analisados conforme estabelecido no USEPA - SW 846.

Figura 15 - Agitador rotatório.



Fonte: acervo do autor.

O procedimento de lixiviação da área Z3 foi baseado no tópico 5.4 da ABNT NBR 10005:2004 e tem a seguinte sequência metodológica:

- a) Com a porcentagem de sólido em suspensão da amostra calculada, pesou-se uma massa correspondente a quantidade de amostra necessária para filtração;
- b) Transferiu-se quantitativamente para o aparelho de filtração, a massa de amostra determinada, distribuindo-a uniformemente sobre a superfície do filtro de fibra de vidro;
- c) Mediu-se o volume do filtrado. A fase líquida obtida foi armazenada a 4°C. A fase sólida obtida foi transferida quantitativamente para o frasco de lixiviação, incluindo-se o filtro de fibra de vidro utilizado;
- d) Adicionou-se à solução de extração na condição 20 vezes a massa da fase sólida ao frasco de lixiviação;
- e) Vedou-se o frasco, utilizando fita de PTFE, evitando vazamento;

f) Manteve-se o frasco sob agitação durante 18 horas à temperatura ambiente de 25°C, com uma rotação de 30 rpm no agitador rotatório. Após este período, filtrou-se a amostra utilizando-se a aparelhagem que mostra a Figura 16.

Figura 16 - Aparelho de filtração utilizado para obtenção do extrato lixiviado.



Fonte: acervo do autor.

- Após filtração mediu-se o pH. As amostras foram preservadas e analisadas conforme estabelecido no USEPA - SW 846. Os parâmetros analisados no extrato lixiviado para avaliação da toxicidade foram: arsênio, bário, cádmio, chumbo, cromo total, fluoreto, mercúrio, prata e selênio.

3.5 CLASSIFICAÇÃO DO REJEITO QUANTO À SOLUBILIDADE

O rejeito classificado como não perigoso, foi direcionado ao ensaio de solubilidade para avaliar se o mesmo é considerado não inerte (Classe II A) ou inerte (Classe II B).

Para isso procedeu-se o ensaio de solubilização conforme ABNT NBR 10006:2004. Foi colocada uma amostra representativa de 250 g (base seca) das amostras obtidas nos compartimentos Z1, Z2 e Z3 em frascos de 1500 mL. Especificamente para a amostra Z3 (coletada em ambiente úmido) foi realizada a compensação de massa e volume, fazendo que represente 250 g de material seco.

Adicionou-se o volume necessário de água destilada, deionizada e isenta de orgânicos para completar 1000 mL, e agitou-se a amostra em baixa velocidade, durante 5 minutos. O frasco foi coberto com filme de PVC e deixado em repouso por 7 dias, em temperatura até 25°C. A solução foi filtrada com aparelho de filtração guarnecido com membrana filtrante de 0,45 µm de porosidade. Determinou-se o pH do extrato solubilizado.

As amostras foram preservadas e analisadas conforme estabelecido no USEPA - SW 846, determinando-se os parâmetros: alumínio, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cloreto, cobre, cromo, fenóis, ferro, fluoreto, manganês, mercúrio, nitrato, prata, selênio, sódio, sulfatos, surfactantes, zinco. Para a classificação do rejeito quanto à solubilidade, compararam-se os dados obtidos com os limites estabelecidos no anexo G da ABNT NBR 10004:2004.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

As principais características físicas das amostras compostas dos compartimentos Z1, Z2 e Z3 se encontram na Tabela 3. Importante ressaltar que nos locais onde se observou durante a amostragem que não havia deposição de rejeito (solo natural) estão representadas na Figura 5 em cor laranja.

Tabela 3 - Características físico-químicas dos resíduos.

Parâmetros	Z1	Z2	Z3
Aspecto	Sólido (solo argiloso)	Sólido (solo argiloso)	Sólido (lodo)
Coloração	Marrom	Marrom	Marrom
Odor	Inodoro	Inodoro	Inodoro
Umidade a 105°C (%)	28,02	21,52	75,29
Densidade (g/mL)	1,23	1,65	1,15
Líquidos Livres (ABNT NBR 12988)	Ausente	Ausente	Ausente

Fonte: Laboratório de Resíduos IPARQUE/UNESC.

De forma geral, o rejeito do beneficiamento de fluorita tem coloração marrom; retém pouca umidade, exceto no compartimento que se encontra submerso. O aspecto assemelha-se a um solo com composição argilosa.

A quantidade de sólidos na amostra composta do compartimento Z3 é de 44,9% em peso.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DO REJEITO QUANTO À PERICULOSIDADE

Nas três amostras compostas Z1, Z2 e Z3 não se constatou presença de óleos e graxas (valores laboratoriais foram menores que o limite detectável pelo método). A presença de óleos ou graxas é um indicativo de periculosidade do rejeito.

Os resíduos são caracterizados como não corrosivos, pois apresentam pH variando entre 7,03 e 7,86 nas pastas formadas de água e rejeito na proporção de 1:1 em peso, não ultrapassando os limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 10004:2004 que considera corrosivo os materiais com pH menor que 2,0 ou maior que 12,5 (Tabela 4). Portanto, os resíduos não são considerados corrosivos com relação a este ensaio.

Para avaliar a reatividade, outra característica que confere periculosidade ao resíduo, foi determinada as concentrações dos íons sulfetos e cianetos na amostra bruta. Os resultados se encontram na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados dos ensaios para avaliar a reatividade do rejeito e valor limitante estabelecido pela ABNT NBR 10004:2004.

Parâmetros	Z 01	Z 02	Z 03	Limite Estabelecido pela NBR 10004 (2004)	L.Q.
pH em água (1:1)	7,63	7,86	7,03	entre 2,0 e 12,5	0,01
Ácido Cianídrico (HCN) (mg/kg) ⁽¹⁾	<0,05	<0,05	<0,05	250 mg HCN/kg de resíduo	0,05
Ácido Sulfídrico (H ₂ S) (mg/kg)	<40	<40	<40	500 mg H ₂ S/kg de resíduo	40

- L.Q. = Limite de Quantificação.

Fonte: Laboratório de Resíduos IPARQUE/UNESC.

As amostras compostas dos rejeitos de beneficiamento dos compartimentos Z1 a Z3 são caracterizadas como não reativas, pois não apresentam em suas constituições íons cianeto e sulfeto acima dos limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 10004:2004, letra E do item 4.2.1.3.

Como terceira característica que confere periculosidade aos resíduos, foi realizado o ensaio de lixiviação com a finalidade de avaliar a toxicidade do rejeito do beneficiamento da fluorita. Os parâmetros analisados no extrato dos resíduos obtidos segundo a ABNT NBR 10005:2004, não apresentam concentrações acima dos limites máximos permitidos do item 4.2.1.4 Toxicidade, letra A, anexo F da norma ABNT NBR 10004:2004, como mostra a Tabela 5, caracterizando os resíduos como não tóxicos.

Os ensaios foram realizados mantendo-se a amostra de resíduo sob agitação com a solução extratora n. 1 (400 mL por amostra) por um período de 18 horas.

Tabela 5 - Resultados dos ensaios realizados (lixiviado).

Parâmetros	Z 01	Z 02	Z 03	VMP	L.Q.
pH do extrato lixiviado	4,94	5,02	5,0	-	-
Arsênio	<0,001	<0,001	<0,001	1,0	0,001
Bário	2,7	2,90	1,0	70,0	0,01
Cádmio	<0,01	<0,01	<0,01	0,5	0,01
Chumbo	<0,05	<0,05	0,21	1,0	0,05
Cromo Total	0,1	<0,02	<0,02	5,0	0,02
Fluoreto	2,4	2,9	4,3	150,0	0,1
Mercúrio	<0,001	<0,001	<0,001	0,1	0,001
Prata	<0,01	<0,01	<0,01	5,0	0,01
Selênio	<0,001	<0,001	<0,001	1,0	0,001

- Todos os parâmetros em mg/L, exceto pH.

- L.Q. = Limite de Quantificação em mg/L.

- VMP = Valor Máximo Permitido em mg/L

Fonte: Laboratório de Resíduos IPARQUE/UNESC.

Os resultados do ensaio de lixiviação nas três amostras compostas ensaiadas indicaram valores menores do que aqueles fixados pela ABNT NBR 10004:2004 para classificar o material como tóxico.

Desta forma, as amostras compostas obtidas nos compartimentos Z1, Z2 e Z3 da área de estudo e que integram as antigas bacias de sedimentação da usina de beneficiamento de fluorita não apresentam características que lhes confirmem periculosidade, tais como corrosividade, reatividade e toxicidade. Logo, conclui-se que o rejeito estudado é classificado como não perigoso.

4.2. CLASSIFICAÇÃO DO REJEITO QUANTO À SOLUBILIDADE EM ÁGUA

Os rejeitos classificados como não perigosos, são considerados como material de Classe II. Para saber se apresentam solubilidade em água ou se são inertes foi realizado o ensaio de solubilização de acordo com os procedimentos estabelecidos na ABNT NBR 10006:2004.

A Tabela 6 mostra os resultados do ensaio de solubilização.

Tabela 6 - Resultados dos ensaios de solubilização realizados nas amostras compostas dos 3 compartimentos da área de estudo.

Parâmetros	Z 01	Z 02	Z 03	VMP (mg/L)	L.Q.
pH do extrato solubilizado (inicial)	7,96	7,96	6,82	-	-
pH do extrato solubilizado (final)	7,64	7,64	7,21	-	-
Alumínio	<0,1	0,1	<0,1	0,2	0,1
Arsênio	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	0,001
Bário	0,30	0,30	0,70	0,7	0,01
Cádmio	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,005
Chumbo	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01
Cianeto	NA	NA	NA	0,07	0,05
Cloreto	<5	<5	<5	250,0	5
Cobre	<0,01	<0,01	<0,01	2,0	0,01
Cromo Total	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	0,02
Fenóis Totais	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01
Ferro	<0,01	<0,01	0,04	0,3	0,01
Fluoreto	5,8	5,8	3,5	1,5	0,1
Manganês	<0,01	<0,01	<0,01	0,1	0,01
Mercúrio	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001
Nitrato (como N)	2,7	2,7	0,3	10,0	0,1
Prata	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01
Selênio	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	0,001
Sódio	17,27	17,27	22,76	200,0	0,01
Sulfato	24	24	36	250,0	5
Surfactantes	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	0,1
Zinco	<0,01	<0,01	<0,01	5,0	0,01

- L.Q. = Limite de Quantificação em mg/L.

- NA = Não Analisado.

- VMP = Valor Máximo Permitido em mg/L.

- Todos os parâmetros em mg/L, exceto pH.

Fonte: Laboratório de Resíduos IPARQUE/UNESC.

A maior parte dos parâmetros investigados neste ensaio apresentaram resultados menores que os limites quantificáveis pelos métodos analíticos, o que indica a pouca interatividade do material estudado com a água. Entre os constituintes solúveis destacam-se o fluoreto e em menor proporção o bário.

Destes, o único que se apresenta nas porções solubilizadas das amostras compostas de rejeito, acima do limite estabelecido para que as amostras sejam classificadas como inertes é o fluoreto.

Desta forma, conclui-se que as três amostras compostas de rejeito de beneficiamento obtidas na área de estudo podem ser classificadas segundo a ABNT NBR 10004:2004 como materiais não perigosos. Quanto à solubilidade em água, a mesma norma classifica as amostras como não inertes ou Classe II A, onde o único constituinte a ser solubilizado em água acima do limite estabelecido pelo anexo G da citada NBR é o fluoreto. Subordinadamente, as amostras solubilizam pequena concentração de bário, devido a presença de barita na matriz geológica do mineral.

5 CONCLUSÃO

Para a caracterização do rejeito final da flotação de fluorita gerado na planta de beneficiamento de minério, na localidade de Segunda Linha Torrens, município de Morro da Fumaça no sul de Santa Catarina foi traçado metodologias para a amostragem do mesmo, respeitando as normas estabelecidas na ABNT NBR 10007:2004.

A partir dos resultados de caracterização, ensaio de lixiviação e solubilização das amostras compostas obtidas nos três compartimentos, o rejeito foi classificado de acordo com a ABNT NBR 10004:2004, como Resíduo Não Perigoso, Classe II.

Os rejeitos caracterizados como não perigosos passaram pelos procedimentos estabelecidos pela norma ABNT NBR 10006:2004, que caracteriza quanto à solubilização, após a caracterização concluiu-se que os mesmos se enquadram como Classe II A, ou seja, resíduo não inerte. O único parâmetro que apresentou porções solubilizadas das amostras compostas de rejeito, acima do limite estabelecido para que as amostras sejam classificadas como inertes é o fluoreto. Devido à presença de barita na matriz geológica do mineral uma pequena concentração de bário se solubiliza na água, porém esse valor não ultrapassa os limites estabelecidos.

Não se verificou nos resultados analíticos, diferenças significativas entre o resíduo que se encontra em ambiente seco e aquele que se encontra submerso. O material se mostrou também ser bem homogêneo, inclusive quando se considera o perfil do material amostrado.

Devido à alteração da paisagem e a deposição de rejeito, a área deve sofrer intervenção visando a sua reabilitação. Os materiais depositados na bacia de decantação não apresentaram características de periculosidade, o único constituinte que se solubilizou em água acima do limite estabelecido pelo anexo G da NBR 10004 é o fluoreto. Desta forma, a reabilitação deverá levar em consideração a reconformação topográfica da área, a construção do solo e a cobertura vegetal.

Caso a empresa opte por manter as lagoas onde o material se encontra depositado, deverá em seu projeto avaliar a toxicidade do fluoreto para organismos aquáticos e atentar para a segurança do local (acidentes em função da profundidade).

A base do compartimento Z3 é constituída por argila, o que minimiza a troca de fluxos com as águas subterrâneas. Desta forma, uma possível forma de reabilitação seria a retirada do material das áreas Z1 e Z2, depositando-os na área Z3. Com o material contido na Z3, procederia-se as intervenções necessárias para a reabilitação da área (topografia, construção do solo e cobertura vegetal).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004, 77 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005**: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004, 20 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006**: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007**: Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004, 25 p.

BEVILACQUA, Clóvis Tadeu. **Perfil analítico da fluorita**. DNPM, Bol. 14, 1973, p. 40.

CAVALCANTI, José Eduardo W. de A.; **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais**, São Paulo: Engenho , 2009, 453p.

CHAVES, Arthur Pinto. **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**. 2. ed. São Paulo: Signus, 2002. 142 p.

CHAVES, Arthur Pinto; LEAL FILHO, Laurindo de Salles. **Tratamento de Minérios: Flotação**. 4. ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2004. 837 p. Disponível em: <[http://www.cetem.gov.br/files/docs/livros/2004/Livro Trat. Min.4a Edicao.pdf](http://www.cetem.gov.br/files/docs/livros/2004/Livro%20Trat.%20Min.4a%20Edicao.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2014.

CHAVES, Arthur Pinto; PERES, Antonio Eduardo Clark. **Tratamento de Minérios: Britagem, peneiramento e moagem**. 2. ed. São Paulo: Signus, 2003. 129 p.

CORREIA, Julio Cesar Guedes. **Tratamento de Minérios: Classificação e Peneiramento**. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2010. 963 p. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/files/docs/livros/2010/trat_minerio_5a_edicao.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2014.

COSTA, João Felipe Coimbra Leite et al. **Aperfeiçoamento da estratégia de homogeneização em pilhas chevron utilizando simulação geoestatística**. Rem: Rev. Esc. Minas [online]. 2008, vol.61, n.3, pp. 291-296. ISSN 0370-4467. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672008000300005&script=sci_arttext. Acesso em 25.mar 2014.

FIGUEIRA, Hedda Vargas O.; LUZ, Adão Benvindo da; ALMEIDA, Salvador Luiz Matos de. **Tratamento de Minérios: Britagem e Moagem**. 5. ed. Rio de Janeiro: Cetem/mct, 2010. 963 p. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/files/docs/livros/2010/trat_minerio_5a_edicao.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2014.

KLIPPEL, Altair Flamarion. **O sistema toyota de produção e a indústria de mineração**: uma experiência de gestão da produtividade e da qualidade nas minas de fluorita do estado de Santa Catarina. Dissertação de mestrado em engenharia de produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.

LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando Antonio Freitas. **Tratamento de Minérios**: Introdução ao Tratamento de Minérios. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2010. 963 p. Disponível em:
<http://www.cetem.gov.br/files/docs/livros/2010/trat_minerio_5a_edicao.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2014.

MONTE, Marisa Bezerra de Mello; PERES, Antônio Eduardo Clark. **Tratamento de Minérios**: Química de Superfície na Flotação. 5. ed. Rio de Janeiro: Cetem, 2010. 963 p. Disponível em:
<http://www.cetem.gov.br/files/docs/livros/2010/trat_minerio_5a_edicao.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2014.

USEPA, **Test Method for Evaluating Solid Waste Report Number SW-846**, Washington, DC, 1986.

PEÇANHA, Ricardo M.. **Balanço Mineral Brasileiro 2001**: Fluorita. DNPM, 2001. 21 p. Disponível em:
<<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/fluorita.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2014.

PEREIRA, Eleonardo Lucas. **Estudo Potencial de Liquefação de Rejeitos de Minério de Ferro sob Carregamento Estatístico**, 2005. 1v. 185f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Ouro Preto.

PUTZER, H. **Geologia da Folha de Tubarão**. D.F.P.M., Boletim 96, Rio de Janeiro, 1955, 94 p

RUBIO, Jorge; OLIVEIRA, Cristiane; SILVA, Renato (Ed.). **Tratamento de minérios**: Aspectos Ambientais nos Setores Mineiro e Metalúrgico. 5. ed. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 2010. 963 p. Disponível em:
<http://www.ufrgs.br/lm/attachments/359_Cap_17_Aspec.Amb..pdf>. Acesso em: 14 mar. 2014.

SAMPAIO, João Alves et al. **Usinas de beneficiamento de minérios do Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM, 2001. 398 p.

SAMPAIO, João Alves; FRANÇA, Silvia Cristina Alves; BRAGA, Paulo Fernando Almeida. **Tratamento de Minérios**: Práticas Laboratoriais. Rio de Janeiro: Cetem/mct, 2007. 557 p.

SAVI, Clóvis Norberto. **Caracterização e aproveitamento do rejeito final da flotação de fluorita na localidade de Segunda Linha Torrens município de Morro da Fumaça/SC**. 2004. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2004.

SOARES, Lindolfo. **Tratamento de Minérios**: Barragem de Rejeitos. 5. ed. Rio de Janeiro: Cetem, 2010. 963 p. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/files/docs/livros/2010/trat_minerio_5a_edicao.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2014.

VALENTE, J. M. G. P. **Geomatémática** – Lições de Geoestatística – Fundação Gorceix Ouro Preto, Volumes 1 a 8, 1982, 2173 p.

ANEXO 01
Laudos laboratoriais



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

RESULTADOS PARCIAIS

DADOS DA AMOSTRA

Resíduo: Rejeito Fluorita - B.REJ.Z.01

Código: B.REJ.Z.01

Gerador do Resíduo: Votorantim – Barragem de Rejeito – Morro da Fumaça – SC

Origem do Resíduo: Resultante do processo de Mineração de Fluorita – Barragem de Rejeito

Descrição do Resíduo: Rejeito da mineração de Fluorita

Ponto de coleta: Barragem de Rejeito – Morro da Fumaça - SC

Data da coleta: 30/04/2014

Hora da Coleta: Não Consta

Data da entrada no laboratório: 02/05/2014

Nº da amostra no laboratório: 88229

Número da ficha de coleta: Não Consta

Coletor: Éder / Gabriel

Metodologia: As metodologias utilizadas pelo Laboratório de Solos são baseadas "SW 846-3050B (USEPA 1986, *Test Method for Evaluating Solid Waste Report Number SW-846, Washington, DC*)." e as referências:

Norma NBR 10004 da ABNT – Classificação de Resíduos Sólidos.

Norma NBR 10005 da ABNT – Ensaio de Lixiviação.

Norma NBR 10006 da ABNT – Ensaio de Solubilização.

Norma NBR 10007 da ABNT – Amostragem de Resíduos.



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO RESÍDUO

Aspecto: Sólido (solo argiloso)

Coloração: Marrom

Odor: Inodoro

Umidade a 105°C (%): 28,02

Densidade (g/mL): 1,23

Líquidos Livres: Ausente (Método de acordo com a norma ABNT NBR 12988).



Foto do resíduo



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

NBR 10004:2004 – MASSA BRUTA

Parâmetros	Unidades	Resultados	Valor Recomendado	L.Q.
Óleos e Graxas	mg/kg	< 1	Ausência	1
Sólidos Suspensos	% p/p	NA	-	0,05
Sólidos Secos	% p/p	71,98	-	0,05

Corrosividade

Parâmetro	Unidade	Resultado	Valor Recomendado	L.Q.
pH em água (1:1)	—	7,63	2 a 12,4	0,01

Reatividade

Parâmetros	Unidades	Resultados	Limite Liberável por kg de Resíduo	L.Q.
Ácido Cianídrico (HCN) ^{III}	mg/kg	< 0,05	250mg de HCN	0,05
Ácido Sulfídrico (H ₂ S)	mg/kg	< 40	500mg de H ₂ S	40

NBR 10005:2004 – LIXIVIADO

Parâmetros Inorgânicos

Parâmetros	Resultados (mg/L)	VMP 10004:2004 (mg/L)	L.Q.
Arsênio	< 0,001	1,0	0,001 ^{III}
Bário	2,7	70,0	0,01
Cádmio	< 0,01	0,5	0,01
Chumbo	< 0,05	1,0	0,05
Cromo Total	0,1	5,0	0,02 ^{III}
Fluoreto	2,4	150,0	0,1 ^{III}
Mercurio	< 0,001	0,1	0,001 ^{III}
Prata	< 0,01	5,0	0,01
Selênio	< 0,001	1,0	0,001 ^{III}

Dados do ensaio de lixiviação

Solução Extratora Nº	1
pH do extrato lixiviado obtido	4,94
Tempo total de Lixiviação (Hora)	18
Volume do líquido obtido (extrato) (mL)	400



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

NBR 10006:2004 – SOLUBILIZADO

Parâmetros Inorgânicos

Parâmetros	Resultados (mg/L)	VMP 10004:2004 (mg/L)	L.Q.
Alumínio	< 0,1	0,2	0,1
Arsênio	< 0,001	0,01	0,001
Bário	0,30	0,7	0,01
Cádmio	< 0,005	0,005	0,005
Chumbo	< 0,01	0,01	0,01
Cianeto	NA	0,07	0,05
Cloreto	< 5	250,0	5 ⁽²⁾
Cobre	< 0,01	2,0	0,01
Cromo Total	< 0,02	0,05	0,02 ⁽⁴⁾
Fenóis Totais	< 0,01	0,01	0,01
Ferro	< 0,01	0,3	0,01 ⁽⁴⁾
Fluoreto	5,8	1,5	0,1 ⁽⁴⁾
Manganês	< 0,01	0,1	0,01 ⁽⁴⁾
Mercurio	< 0,001	0,001	0,001 ⁽⁴⁾
Nitrato (expresso em N)	2,7	10,0	0,1 ⁽⁴⁾
Prata	0,01	0,05	0,01
Selênio	< 0,001	0,01	0,001
Sódio	17,27	200,0	0,01 ⁽⁴⁾
Sulfato (expresso em SO ₄)	24	250,0	5 ⁽²⁾
Surfactantes	< 0,1	0,5	0,1
Zinco	< 0,01	5,0	0,01

Dados do ensaio de solubilização

Umidade a 42°C (%)	26,99
pH do extrato solubilizado (inicial)	7,96
pH do extrato solubilizado (final)	7,64

Observações:

- NA = Não Analisado.
- L.Q. = Limite de Quantificação.
- VMP: Valor Máximo Permitido.
- ⁽¹⁾ Ensaio terciarizado.
- ⁽²⁾ Elementos analisados por Espectrofotometria de Absorção Atômica – Forno de Grafite.
- ⁽³⁾ Elemento analisado por Espectrofotometria de Absorção Atômica - Vapor a Frio.
- ⁽⁴⁾ Elementos analisados por Espectrofotometria de Absorção Atômica – Chama
- ⁽⁵⁾ Ions (ânions) analisados por cromatografia de Ions, seguindo o método EPA 300.1.
- Os demais elementos analisados por ICP-OES.



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS

1. Corrosividade

O resíduo é caracterizado como não corrosivo, pois apresenta pH = 7,63 em sua mistura com água na proporção de 1:1 em peso, não ultrapassando o limite estabelecido pela norma ABNT NBR 10004:2004, letra a do item 4.2.1.2 Corrosividade. Portanto, o resíduo é classificado como não perigoso neste ensaio.

2. Reatividade

O resíduo ensaiado é caracterizado como não reativo, pois não apresenta em sua constituição Ions cianeto e sulfeto acima dos limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 10004:2004, letra e do item 4.2.1.3 Reatividade. Portanto, o resíduo é classificado como não perigoso neste ensaio.

3. Toxicidade

3.1 Ensaio de Lixiviação

Os parâmetros analisados no extrato do resíduo obtido segundo a ABNT NBR 10005:2004, não apresentam concentrações acima dos limites máximos permitidos do item 4.2.1.4 toxicidade, letra a, anexo F da norma ABNT NBR 10004:2004, caracterizando o resíduo como não tóxico, sendo classificado como não perigoso – classe II neste ensaio.

4. Ensaio de Solubilização

Dos parâmetros analisados no extrato do resíduo obtido segundo a ABNT NBR 10006:2004, flúoreto apresenta concentração superior ao padrão para o ensaio de solubilização, anexo G da ABNT NBR 10004:2004, caracterizando o resíduo como não Inerte neste ensaio e classificando-o como não perigoso - classe II A – não Inerte.



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resíduo não consta nos anexos A ou B.

Não é inflamável.

Considerando os resultados obtidos no decorrer dos ensaios da massa bruta, lixiviação, solubilização e das características Físico-Químicas do resíduo, o mesmo (Rejeito Fluorita - B.REJ.Z.01) é classificado como Classe II A – Não Inerte segundo a norma ABNT NBR 10004:2004, nos parâmetros analisados.

A identificação dos constituintes (parâmetros) avaliados na caracterização foi estabelecida de acordo com o processo que deu origem ao resíduo, matérias-primas, insumos e a segregação do mesmo. Dados fornecidos pelo Interessado.

CLASSIFICAÇÃO: RESÍDUO NÃO PERIGOSO - CLASSE II A – NÃO INERTE.



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

RESULTADOS PARCIAIS

DADOS DA AMOSTRA

Resíduo: Rejeito Fluorita - B.REJ.Z.02

Código: B.REJ.Z.02

Gerador do Resíduo: Votorantim – Barragem de Rejeito – Morro da Fumaça – SC

Origem do Resíduo: Resultante do processo de Mineração de Fluorita – Barragem de Rejeito

Descrição do Resíduo: Rejeito da mineração de Fluorita

Ponto de coleta: Barragem de Rejeito – Morro da Fumaça - SC

Data da coleta: 30/04/2014

Hora da Coleta: Não Consta

Data da entrada no laboratório: 02/05/2014

Nº da amostra no laboratório: 88231

Número da ficha de coleta: Não Consta

Coletor: Éder / Gabriel

Metodologia: As metodologias utilizadas pelo Laboratório de Solos são baseadas "SW 846-3050B (USEPA 1986, *Test Method for Evaluating Solid Waste Report Number SW-846*, Washington, DC)." e as referências:

Norma NBR 10004 da ABNT – Classificação de Resíduos Sólidos.

Norma NBR 10005 da ABNT – Ensaio de Lixiviação.

Norma NBR 10006 da ABNT – Ensaio de Solubilização.

Norma NBR 10007 da ABNT – Amostragem de Resíduos.



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO RESÍDUO

Aspecto: Sólido (solo argiloso)

Coloração: Marrom

Odor: Inodoro

Umidade a 105°C (%): 21,52

Densidade (g/mL): 1,65

Líquidos Livres: Ausente (Método de acordo com a norma ABNT NBR 12988).



Foto do resíduo



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

NBR 10004:2004 – MASSA BRUTA

Parâmetros	Unidades	Resultados	Valor Recomendado	L.Q.
Óleos e Graxas	mg/kg	< 1	Ausência	1
Sólidos Suspensos	% p/p	NA	-	0,05
Sólidos Secos	% p/p	78,48	-	0,05

Corrosividade

Parâmetro	Unidade	Resultado	Valor Recomendado	L.Q.
pH em água (1:1)	—	7,86	2 a 12,4	0,01

Reatividade

Parâmetros	Unidades	Resultados	Limite Liberável por kg de Resíduo	L.Q.
Ácido Cianídrico (HCN) ⁽¹⁾	mg/kg	< 0,05	250mg de HCN	0,05
Ácido Sulfídrico (H ₂ S)	mg/kg	< 40	500mg de H ₂ S	40

NBR 10005:2004 – LIXIVIADO

Parâmetros Inorgânicos

Parâmetros	Resultados (mg/L)	VMP 10004:2004 (mg/L)	L.Q.
Arsênio	< 0,001	1,0	0,001 ⁽²⁾
Bário	2,90	70,0	0,01
Cádmio	< 0,01	0,5	0,01
Chumbo	< 0,05	1,0	0,05
Cromo Total	< 0,02	5,0	0,02 ⁽³⁾
Fluoreto	2,9	150,0	0,1 ⁽⁴⁾
Mercurio	< 0,001	0,1	0,001 ⁽⁵⁾
Prata	< 0,01	5,0	0,01
Selênio	< 0,001	1,0	0,001 ⁽⁶⁾

Dados do ensaio de lixiviação

Solução Extratora Nº	1
pH do extrato lixiviado obtido	5,02
Tempo total de Lixiviação (Hora)	18
Volume do líquido obtido (extrato) (mL)	400



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

NBR 10006:2004 – SOLUBILIZADO

Parâmetros Inorgânicos

Parâmetros	Resultados (mg/L)	VMP 10004:2004 (mg/L)	LQ
Alumínio	< 0,1	0,2	0,1
Arsênio	< 0,001	0,01	0,001
Bário	0,30	0,7	0,01
Cádmio	< 0,005	0,005	0,005
Chumbo	< 0,01	0,01	0,01
Cianeto	NA	0,07	0,05
Cloro	< 5	250,0	5 ⁽²⁾
Cobre	< 0,01	2,0	0,01
Cromo Total	< 0,02	0,05	0,02 ⁽⁴⁾
Fenóis Totais	< 0,01	0,01	0,01
Ferro	0,05	0,3	0,01 ⁽⁴⁾
Fluoreto	4,9	1,5	0,1 ⁽⁴⁾
Manganês	< 0,01	0,1	0,01 ⁽⁴⁾
Mercurio	< 0,001	0,001	0,001 ⁽⁴⁾
Nitrato (expresso em N)	0,5	10,0	0,1 ⁽⁴⁾
Prata	0,01	0,05	0,01
Selênio	< 0,001	0,01	0,001
Sódio	9,31	200,0	0,01 ⁽⁴⁾
Sulfato (expresso em SO4)	15	250,0	5 ⁽²⁾
Surfactantes	< 0,1	0,5	0,1
Zinco	< 0,01	5,0	0,01

Dados do ensaio de solubilização

Umidade a 42°C (%)	21,06
pH do extrato solubilizado (Inicial)	8,22
pH do extrato solubilizado (final)	7,74

Observações:

- NA = Não Analisado.
- LQ = Limite de Quantificação.
- VMP: Valor Máximo Permitido.
- ⁽¹⁾ Ensaio terceirizado.
- ⁽²⁾ Elementos analisados por Espectrofotometria de Absorção Atômica – Forno de Grafite.
- ⁽³⁾ Elemento analisado por Espectrofotometria de Absorção Atômica - Vapor a Frio.
- ⁽⁴⁾ Elementos analisados por Espectrofotometria de Absorção Atômica – Chama
- ⁽⁵⁾ Ions (ânions) analisados por cromatografia de Ions, seguindo o método EPA 300.1.
- Os demais elementos analisados por ICP-OES.



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS

1. Corrosividade

O resíduo é caracterizado como não corrosivo, pois apresenta pH = 7,86 em sua mistura com água na proporção de 1:1 em peso, não ultrapassando o limite estabelecido pela norma ABNT NBR 10004:2004, letra a do item 4.2.1.2 Corrosividade. Portanto, o resíduo é classificado como não perigoso neste ensaio.

2. Reatividade

O resíduo ensaiado é caracterizado como não reativo, pois não apresenta em sua constituição íons cianeto e sulfeto acima dos limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 10004:2004, letra e do item 4.2.1.3 Reatividade. Portanto, o resíduo é classificado como não perigoso neste ensaio.

3. Toxicidade

3.1 Ensaio de Lixiviação

Os parâmetros analisados no extrato do resíduo obtido segundo a ABNT NBR 10005:2004, não apresentam concentrações acima dos limites máximos permitidos do item 4.2.1.4 toxicidade, letra a, anexo F da norma ABNT NBR 10004:2004, caracterizando o resíduo como não tóxico, sendo classificado como não perigoso – classe II neste ensaio.

4. Ensaio de Solubilização

Dos parâmetros analisados no extrato do resíduo obtido segundo a ABNT NBR 10006:2004, flúoreto apresenta concentração superior ao padrão para o ensaio de solubilização, anexo G da ABNT NBR 10004:2004, caracterizando o resíduo como não Inerte neste ensaio e classificando-o como não perigoso - classe II A – não Inerte.



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resíduo não consta nos anexos A ou B.

Não é inflamável.

Considerando os resultados obtidos no decorrer dos ensaios da massa bruta, lixiviação, solubilização e das características Físico-Químicas do resíduo, o mesmo (Rejeito Fluorita - B.REJ.Z.02) é classificado como Classe II A – Não Inerte segundo a norma ABNT NBR 10004:2004, nos parâmetros analisados.

A identificação dos constituintes (parâmetros) avaliados na caracterização foi estabelecida de acordo com o processo que deu origem ao resíduo, matérias-primas, Insumos e a segregação do mesmo. Dados fornecidos pelo Interessado.

CLASSIFICAÇÃO: RESÍDUO NÃO PERIGOSO - CLASSE II A – NÃO INERTE.



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

RESULTADOS PARCIAIS

DADOS DA AMOSTRA

Resíduo: Rejeito Fluorita - B.REJ.Z.03

Código: B.REJ.Z.03

Gerador do Resíduo: Votorantim – Barragem de Rejeito – Morro da Fumaça – SC

Origem do Resíduo: Resultante do processo de Mineração de Fluorita – Barragem de Rejeito

Descrição do Resíduo: Rejeito da mineração de Fluorita

Ponto de coleta: Barragem de Rejeito – Morro da Fumaça - SC

Data da coleta: 30/04/2014

Hora da Coleta: Não Consta

Data da entrada no laboratório: 02/05/2014

Nº da amostra no laboratório: 88232

Número da ficha de coleta: Não Consta

Coletor: Éder / Gabriel

Metodologia: As metodologias utilizadas pelo Laboratório de Solos são baseadas "SW 846-3050B (USEPA 1986, *Test Method for Evaluating Solid Waste Report Number SW-846*, Washington, DC)." e as referências:

Norma NBR 10004 da ABNT – Classificação de Resíduos Sólidos.

Norma NBR 10005 da ABNT – Ensaio de Lixiviação.

Norma NBR 10006 da ABNT – Ensaio de Solubilização.

Norma NBR 10007 da ABNT – Amostragem de Resíduos.



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO RESÍDUO

Aspecto: Sólido (lodo)

Coloração: Marrom

Odor: Inodoro

Umidade a 105°C (%): 75,29

Densidade (g/mL): 1,15

Líquidos Livres: Ausente (Método de acordo com a norma ABNT NBR 12988).



Foto do resíduo



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

NBR 10004:2004 – MASSA BRUTA

Parâmetros	Unidades	Resultados	Valor Recomendado	L.Q.
Óleos e Graxas	mg/kg	< 1	Ausência	1
Sólidos Suspensos	% p/p	44,94	-	0,05
Sólidos Secos	% p/p	24,27	-	0,05

Corrosividade

Parâmetro	Unidade	Resultado	Valor Recomendado	L.Q.
pH em água (1:1)	—	7,03	2 a 12,4	0,01

Reatividade

Parâmetros	Unidades	Resultados	Limite Liberável por kg de Resíduo	L.Q.
Ácido Cianídrico (HCN) ⁽¹⁾	mg/kg	< 0,05	250mg de HCN	0,05
Ácido Sulfídrico (H ₂ S)	mg/kg	< 40	500mg de H ₂ S	40

NBR 10005:2004 – LIXIVIADO

Parâmetros Inorgânicos

Parâmetros	Resultados (mg/L)	VMP 10004:2004 (mg/L)	L.Q.
Arsênio	< 0,001	1,0	0,001 ⁽²⁾
Bário	1,00	70,0	0,01
Cádmio	< 0,01	0,5	0,01
Chumbo	0,21	1,0	0,05
Cromo Total	< 0,02	5,0	0,02 ⁽²⁾
Fluoreto	4,3	150,0	0,1 ⁽²⁾
Mercurio	< 0,001	0,1	0,001 ⁽²⁾
Prata	< 0,01	5,0	0,01
Selênio	< 0,001	1,0	0,001 ⁽²⁾

Dados do ensaio de lixiviação

Solução Extratora Nº	1
pH do extrato lixiviado obtido	5,00
Tempo total de Lixiviação (Hora)	18
Volume do líquido obtido (extrato) (mL)	400



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

NBR 10006:2004 – SOLUBILIZADO

Parâmetros Inorgânicos

Parâmetros	Resultados (mg/L)	VMP 10004:2004 (mg/L)	L.Q.
Alumínio	< 0,1	0,2	0,1
Arsênio	< 0,001	0,01	0,001
Bário	0,70	0,7	0,01
Cádmio	< 0,005	0,005	0,005
Chumbo	< 0,01	0,01	0,01
Cianeto	NA	0,07	0,05
Cloreto	< 5	250,0	5 ⁽²⁾
Cobre	< 0,01	2,0	0,01
Cromo Total	< 0,02	0,05	0,02 ⁽²⁾
Fenóis Totais	< 0,01	0,01	0,01
Ferro	0,04	0,3	0,01 ⁽²⁾
Fluoreto	3,5	1,5	0,1 ⁽²⁾
Manganês	< 0,01	0,1	0,01 ⁽²⁾
Mercúrio	< 0,001	0,001	0,001 ⁽²⁾
Nitrato (expresso em N)	0,3	10,0	0,1 ⁽²⁾
Prata	0,01	0,05	0,01
Selênio	< 0,001	0,01	0,001
Sódio	22,76	200,0	0,01 ⁽²⁾
Sulfato (expresso em SO ₄)	36	250,0	5 ⁽²⁾
Surfactantes	< 0,1	0,5	0,1
Zinco	< 0,01	5,0	0,01

Dados do ensaio de solubilização

Umidade a 42°C (%)	74,78
pH do extrato solubilizado (inicial)	6,82
pH do extrato solubilizado (final)	7,21

Observações:

- NA = Não Analisado.
- L.Q. = Limite de Quantificação.
- VMP: Valor Máximo Permitido.
- ⁽¹⁾ Ensaio terceirizado.
- ⁽²⁾ Elementos analisados por Espectrofotometria de Absorção Atômica – Forno de Grafite.
- ⁽³⁾ Elemento analisado por Espectrofotometria de Absorção Atômica - Vapor a Frio.
- ⁽⁴⁾ Elementos analisados por Espectrofotometria de Absorção Atômica – Chama
- ⁽⁵⁾ Ions (ânions) analisados por cromatografia de Ions, seguindo o método EPA 300.1.
- Os demais elementos analisados por ICP-OES.



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

AValiação DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS

1. Corrosividade

O resíduo é caracterizado como não corrosivo, pois apresenta pH = 7,03 em sua mistura com água na proporção de 1:1 em peso, não ultrapassando o limite estabelecido pela norma ABNT NBR 10004:2004, letra a do item 4.2.1.2 Corrosividade. Portanto, o resíduo é classificado como não perigoso neste ensaio.

2. Reatividade

O resíduo ensaiado é caracterizado como não reativo, pois não apresenta em sua constituição íons cianeto e sulfeto acima dos limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 10004:2004, letra e do item 4.2.1.3 Reatividade. Portanto, o resíduo é classificado como não perigoso neste ensaio.

3. Toxicidade

3.1 Ensaio de Lixiviação

Os parâmetros analisados no extrato do resíduo obtido segundo a ABNT NBR 10005:2004, não apresentam concentrações acima dos limites máximos permitidos do item 4.2.1.4 toxicidade, letra a, anexo F da norma ABNT NBR 10004:2004, caracterizando o resíduo como não tóxico, sendo classificado como não perigoso – classe II neste ensaio.

4. Ensaio de Solubilização

Dos parâmetros analisados no extrato do resíduo obtido segundo a ABNT NBR 10006:2004, flúoreto apresenta concentração superior ao padrão para o ensaio de solubilização, anexo G da ABNT NBR 10004:2004, caracterizando o resíduo como não inerte neste ensaio e classificando-o como não perigoso - classe II A – não inerte.



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT
Laboratório de Resíduos Sólidos

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resíduo não consta nos anexos A ou B.

Não é inflamável.

Considerando os resultados obtidos no decorrer dos ensaios da massa bruta, lixiviação, solubilização e das características Físico-Químicas do resíduo, o mesmo (Rejeito Fluorita - B.REJ.Z.03) é classificado como Classe II A – Não Inerte segundo a norma ABNT NBR 10004:2004, nos parâmetros analisados.

A identificação dos constituintes (parâmetros) avaliados na caracterização foi estabelecida de acordo com o processo que deu origem ao resíduo, matérias-primas, insumos e a segregação do mesmo. Dados fornecidos pelo Interessado.

CLASSIFICAÇÃO: RESÍDUO NÃO PERIGOSO - CLASSE II A – NÃO INERTE.