

## **HIDROCICLONE COMO FERRAMENTA DA LOGÍSTICA REVERSA PARA OTIMIZAR O BENEFICIAMENTO DO RESÍDUO DE CAULIM DA PROVÍNCIA PEGMATÍTICA DA BORBOREMA PB/RN.**

Adriano Peixoto Leandro  
Universidade Federal de Campina Grande-UFCG  
[engadrianopeixoto@hotmail.com](mailto:engadrianopeixoto@hotmail.com)

**Resumo:** O contínuo e crescente processo de desenvolvimento industrial traz aos países, a possibilidade de criar novos produtos e tecnologia em busca da almejada ascensão econômica e social, porém, esse processo tem gerado uma variada gama de resíduos que são depositados indiscriminadamente na natureza. A própria exploração de recursos naturais reflete um dos maiores impactos ambientais causados pelo homem. A exploração e o beneficiamento de caulim da Província Pegmatítica da Borborema (PPB), nos Municípios de Junco do Seridó e Equador nos Estados da Paraíba e Rio grande do Norte, respectivamente, produzem milhões de toneladas de matéria prima de caulinita por ano, constituindo um importante segmento econômico do Nordeste brasileiro. Devido à falta de recursos tecnológicos, essas indústrias produzem e descartam uma elevada quantidade de resíduos, principalmente na etapa de beneficiamento. A Logística Reversa (LR) é o instrumento de desenvolvimento econômico e social, caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios, destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos. Assim o objetivo desse estudo é utilizar uma unidade de hidrociclonagem do IFPB, para recuperar a caulinita presente no resíduo de caulim. Após os testes constatou-se que o hidrociclone, em estudo, obteve uma recuperação de mais de 95% de caulinita que estava contida no resíduo de caulim.

**Palavras-chave:** hidrociclone, resíduo de caulim, logística reversa.

### **Introdução**

O contínuo e crescente processo de desenvolvimento industrial traz ao mundo e ao Brasil a possibilidade de criar novos produtos e tecnologia em busca da almejada ascensão das classes sociais. Segundo Ferreira e Neves (2010), o desenvolvimento contínuo e crescente do processo industrial tem gerado uma variada gama de resíduos que são depositados indiscriminadamente na natureza.

A própria exploração de recursos naturais reflete um dos maiores impactos ambientais causados pelo homem, principalmente o impacto visual. O Brasil está repleto de garimpos irregulares com extrações rudimentares e predatórias que causam contaminações, principalmente ao subsolo (SILVA, 2007).

Nesse sentido, destacamos o Art.225, da Constituição Brasileira de 1988, que diz que: “todos tem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988). Já o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA),

criado pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, é responsável pela legislação ambiental e analisam desde a década de 1980, por meio do relatório de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), os impactos ambientais no Brasil, com a finalidade de apresentar soluções aos problemas causados ao meio ambiente.

As indústrias produtoras de caulim, localizadas na Região da Província Pegmatítica da Borborema (PPB), sobretudo, nas cidades do Junco do Seridó-PB e Equador-RN, produzem milhões de toneladas de matéria prima por ano, constituindo um importante segmento econômico do Nordeste brasileiro. Devido à falta de recursos tecnológicos, essas indústrias produzem e descartam uma elevada quantidade de resíduos, principalmente na etapa de beneficiamento. Essas mineradoras, segundo Sousa *et al.* (2007, p.213), perdem mais de 50% de matéria prima durante a etapa de beneficiamento. Assim, geralmente, três tipos de resíduos (sarrabulho, borras e retorno da peneira de 200 malhas) são gerados nesse processo e como, a princípio, não tem valor comercial, são descartados de forma indiscriminada pelas empresas (MENEZES *et al.*, 2007).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305) destaca que a Logística Reversa (LR) é o instrumento de desenvolvimento econômico e social, caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios, destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010). Destarte, pretende-se utilizar o mesmo princípio da LR, para trabalhar com resíduo de caulim como matéria prima, em uma unidade de beneficiamento, consistente em hidrociclone, a fim de separar ao máximo as partículas de caulinita.

As usinas de beneficiamento de caulim, da região da PPB, operam por sistema via úmido, assim, faz-se necessário o uso de hidrociclones (Figura 1), para melhorar seus processos produtivos, visto que os hidrociclones são equipamentos classificadores que separam, através das saídas do overflow e underflow, partículas finas das grossas. O overflow é o local por onde sai a maioria das partículas finas e o underflow é o local por onde sai a maior quantidade de partículas grosseiras (LUZ *et al.*, 2010).

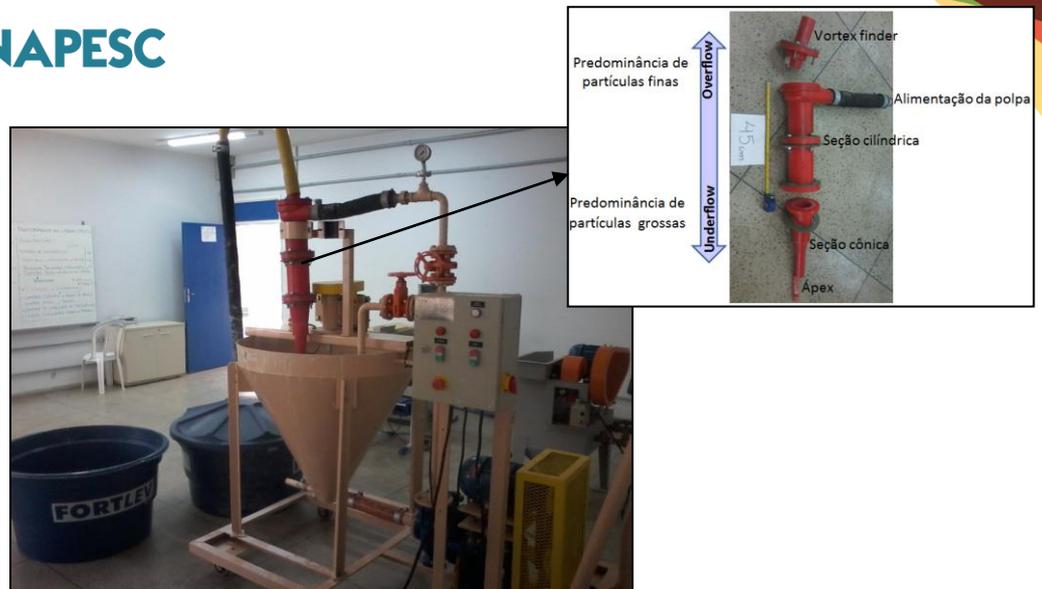


Figura 1. Unidade portátil de hidrociclonação do IFPB.

Assim, o grande desperdício de caulinita contida no resíduo de caulim, proveniente de uma usina industrial de beneficiamento de caulim do município de Equador-RN, despertou o interesse em pesquisar o reprocessamento desse resíduo em uma unidade de hidrociclones, instalada no Laboratório de Tratamento de Minérios do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB;

### Metodologia

As amostras, para a realização dos ensaios em laboratório, foram coletadas nas pilhas de resíduos provenientes das etapas de peneiramento do Tromell (peneira rotativa), da empresa MJ Silva Ltda., situada no município de Equador-RN. Foram retirados cerca de 300 kg de amostra na pilha do resíduo denominado de Siri. Esse material foi seco ao ar livre e separado em seis lotes de 50 kg.

### Ensaio na unidade de hidrociclonação

Foram realizados os ensaios em uma unidade de hidrociclonação e nesses ensaios foram determinados: Vazão e pressão da polpa na alimentação, no overflow e underflow; análise granulométrica por peneiramento a úmido na alimentação e no overflow e ainda, a determinação das variáveis operacionais como: porcentagem de sólidos, diâmetro do ápex e diâmetro do *vortex finder*.

## Ensaio de vazão.

Os ensaios de vazão da polpa da alimentação e na polpa do overflow utilizou-se o método da vazão volumétrica (Equação 1). Utiliza-se um volume conhecido (Proveta de 2.000 mL) e um cronómetro para marcar o tempo. Foram executados diversos testes de vazão, sendo que em cada um deles foi medida a pressão manométrica na alimentação do hidrociclone.

$$Qv = \frac{v}{T} \quad [1]$$

Onde:

$Qv = \text{Vazão (ml.s}^{-1}, \text{l.m}^{-1}, \text{m}^3.\text{h}^{-1}, \text{entre outros)}$

$v = \text{Volume (ml, l, entre outros)}$

$T = \text{Tempo para encher um recipiente (s, min, h)}$

Para obter-se a melhor configuração e operação do hidrociclone foram utilizados 2 (dois) ápex de diâmetros diferentes 12 e 15mm e 3 (três) *vortex finder* de 20, 25 e 30 mm de diâmetro. A porcentagem de sólidos variou entre 20, 25 e 30%. Como na unidade de hidrociclonagem não tem inversor de frequência para o controle de pressão, utilizou-se as válvulas de alimentação (VA) e By pass (BP) do hidrociclone para tal função. Assim, o hidrociclone operou com VA em 1/4, 2/4, 3/4 e 4/4 (abertura total da válvula), e BP variou sua abertura em 1/3, 2/3 3/3 (abertura total da válvula), Figura 2.



Figura 2. Unidade de hidrociclonagem, em destaque as válvulas de operação.

## Distribuição Granulométrica

Os ensaios foram realizados através de peneiramento a úmido, utilizando uma sequência de peneiras de 35, 48, 80, 100, 140 e 200 malhas, para os ensaios com a fração do overflow. Além dessas peneiras, foi usada a peneira

de 325 malhas para o ensaio granulométrico da alimentação (Figura 3). Após o peneiramento, todo o material retido e passante nas peneiras foi seco em estufa a 110 °C por 24h e posteriormente pesado.



Figura 3. Peneiramento a úmido.

### **Ensaio de caracterização.**

As análises dos produtos da hidrociclonagem, entre eles a alimentação e o overflow, foram realizadas por meio da análise química, por fluorescência de raios-X

### **Análise química por fluorescência de raios-X (FRX)**

As amostras dos produtos obtidos nos ensaios, tal como a alimentação e o overflow, foram analisadas no Laboratório de Caracterização de Materiais (UFCG) para análise de FRX, no equipamento EDX 720 da Shimadzu. Nessa análise foi determinada a porcentagem dos óxidos dos elementos contidos nas amostras.

### **Resultados e Discussão**

#### **Ensaio da vazão da polpa**

##### **Diâmetro do ápex**

Para as aberturas do ápex de 12 mm e 15 mm foram ajustadas as posições de abertura das válvulas de alimentação em 4 (quatro) posições 1/4, 2/4, 3/4 e 4/4 (totalmente aberta). A válvula do By pass também foi ajustada em 4 (quatro) posições fechada, 1/3, 2/3 e 3/3 (totalmente aberta), mantendo-se constante o diâmetro

do *vórtex finder* em 30 mm e a percentagem de sólidos em 20%. Os resultados encontram-se apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Ensaios de hidrociclonagem com diferentes diâmetros de ápex.

Ápex $\Phi$ (mm)	Válvula da Alimentação	Válvula do By Pass	Pressão (kgf.cm <sup>-2</sup> )	Vazão (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )		
				Overflow	Underflow	Alimentação
12	Aberta em 1/4	Fechada	1,12	4.813,48	575,08	5.388,56
		Aberta em 1/3	0,61	2.515,66	969,95	3.485,61
		Aberta em 2/3	0,31	2.219,18	984,17	3.203,35
		Aberta (3/3)	0,31	2.070,59	942,86	3.013,45
	Aberta em 2/4	Fechada	1,17	4.813,48	575,07	5.388,55
		Aberta em 1/3	0,612	2.315,58	975	3.290,58
		Aberta em 2/3	0,41	2.050,91	1.063,63	3.114,54
		Aberta (3/3)	0,30	2.021,92	1.214,28	3.236,20
	Aberta em 3/4	Fechada	1,22	5.052,63	1.053,66	6.106,29
		Aberta em 1/3	0,459	2.170,85	925,14	3.095,99
		Aberta em 2/3	0,41	3.920,55	949,38	4.869,93
		Aberta (3/3)	0,30	2.241,51	816,83	3.058,34
	Aberta (4/4)	Fechada	1,22	4.960,00	1.050,81	6.010,81
		Aberta em 1/3	0,459	2.382,73	931,39	3.314,12
		Aberta em 2/3	0,41	2.236,36	927,27	3.163,63
		Aberta (3/3)	0,30	2.102,65	866,04	2.968,69
15	Aberta em 1/4	Fechada	1,22	4.134,86	1.432,04	5.566,90
		Aberta em 1/3	0,36	2.111,28	1.234,29	3.345,57
		Aberta em 2/3	0,36	1.687,23	1.174,47	2.861,70
		Aberta (3/3)	0,31	1.534,34	1.265,93	2.800,27
	Aberta em 2/4	Fechada	1,38	4.120,23	1.465,71	5.585,40
		Aberta em 1/3	0,36	1.685,11	1.206,49	2.891,60
		Aberta em 2/3	0,61	2.050,63	1.623,78	3.674,41
		Aberta (3/3)	0,51	1.575,00	1.378,29	2.953,29
	Aberta em 3/4	Fechada	1,38	4.402,88	1.335,48	5.738,36
		Aberta em 1/3	0,77	1.626,47	884,39	2.510,86
		Aberta em 2/3	0,77	1.305,26	956,96	2.215,96
		Aberta (3/3)	0,56	1.523,08	910,84	2.433,92
	Aberta (4/4)	Fechada	1,33	4.220,69	1.392,00	5.612,69
		Aberta em 1/3	0,61	2.048,54	1.690,14	3.738,68
		Aberta em 2/3	0,51	1.611,63	1.588,83	3.200,46
		Aberta (3/3)	0,41	1.777,22	1.400,00	3.177,22

A Tabela 1 mostra que a vazão (m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>) do overflow aumenta, sempre que a válvula do By pass está na posição fechada, direcionando toda a polpa para alimentação do hidrociclone. Devido a esse direcionamento, o volume da polpa aumenta e, conseqüentemente, a pressão de alimentação do hidrociclone também. De acordo com Sampaio *et al.*,(2007) uma pressão superior a 1,0 atm  $\approx$  7,2 bar (7,34 kgf.cm<sup>-2</sup>) pode, dependendo do material, apresentar um aumento dos custos operacionais da operação de hidrociclonagem, assim como também manutenção constante do rotor e motor da bomba de

polpa. Observa-se na tabela que os valores de pressão medidos foram menores aos citados por Sampaio *et al.*,(2007).

Os resultados mostraram que com ápex de 12 mm foram obtidas maiores vazões no overflow (material fino), aproximadamente maior que 10% superiores que com ápex de 15 mm, independente da posição que a válvula de alimentação se encontre. Não ocorrendo o mesmo com a válvula do By pass na posição fechada. Esse material descarregado pelo overflow, provavelmente, apresenta uma significativa concentração de caulinita. A maior vazão do overflow, de 5.052,63 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>, foi obtida ajustando o diâmetro do ápex em 12 mm, posição da válvula de alimentação em 3/4 e a posição do by pass na posição fechada.

### Diâmetro do *Vortex finder*

Os diâmetros do *vórtex finder* foram de 20, 25, e 30 mm, mantendo-se constantes as mesmas variáveis do ensaio anterior. A vazão de alimentação que apresentou o melhor resultado foi com abertura do ápex de 12 mm, posição de abertura da válvula de alimentação em 3/4 e a válvula do By pass na posição fechada. A porcentagem de sólidos foi de 20%. Os resultados encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Ensaios realizados com variação do diâmetro do *vortex finder*.

Configuração	<i>Vortex finder</i> (diâmetro em mm)					
	20		25		30	
Φ Apex	Overflow (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	3.302,16	Overflow (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	4.464,57	Overflow (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	5.052,63
12 mm;	Underflow (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	1.237,50	Underflow (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	1.200,00	Underflow (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	1053,66
20% sol.	Alimentação (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	4.539,66	Alimentação (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	5.664,57	Alimentação (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	6.106,29
VA 3/4 e BP fechada	Pressão (kgf.cm <sup>-2</sup> )	0,7	Pressão (kgf.cm <sup>-2</sup> )	1,1	Pressão (kgf.cm <sup>-2</sup> )	1,2

A Tabela 2 mostra que o *vórtex finder* de 30 mm apresentou uma vazão no overflow de 5.052,63 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. Um aumento de aproximadamente 13,7% e 53% em relação a vazão dos *vórtex finder* de 25 e 20 mm, respectivamente. Esse resultado mostra que com o aumento do diâmetro do *vórtex finder*, diminui a vazão do underflow e aumenta a vazão no overflow, aumentando a pressão de alimentação da polpa.

Sampaio *et al.*,(2007) manifesta que as dimensões do vortex finder acarretam uma influência significativa sobre a eficiência da classificação e a capacidade do hidrociclone. Sendo que o aumento do diâmetro do *vortex finder* contribui para um aumento no diâmetro de corte no overflow. Essa afirmação do autor foi observada nos ensaios granulométricos, os quais serão apresentados nos itens seguintes.

Por outro lado, segundo Martinez *et al.* (2008), poderá ocorrer um arraste de partículas (ou curto-circuito), gerado entre a alimentação e a parede externa do *vortex finder* que poderá diminuir o tempo de residência das partículas dentro do hidrociclone e afetar a eficiência da classificação.

### Ensaio de Análise Granulométrica

Os ensaios granulométricos foram realizados no fluxo da alimentação e nos ensaios de vazão do overflow, material de interesse da pesquisa, seguidos do controle das válvulas de alimentação e do By pass.

### Na alimentação

Os resultados dos ensaios encontram-se mostrados na Figura 4.

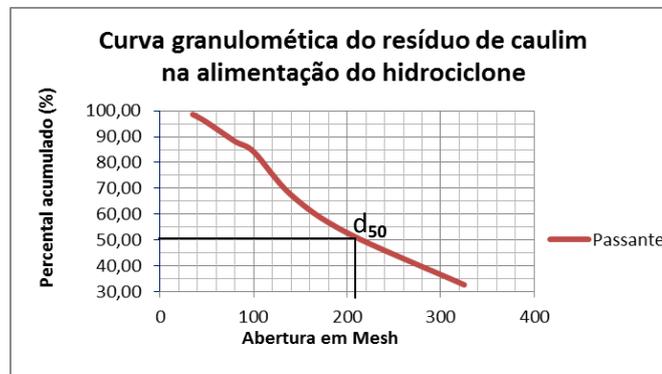


Figura 4. Curva granulométrica da alimentação do hidrociclone.

A Figura 4 mostra que o material alimentado ao hidrociclone (resíduo de caulim) tem aproximadamente 53% em peso, passante em 200 malhas. Essa granulometria é normalmente utilizada na indústria de caulim, para fins comerciais (VIDAL, 2017). Os 32% em peso de material passante encontra-se em granulometria menor que 325 malhas (0,045mm). Segundo Oliveira e Barbosa (2006) apud Vidal (2017), um material com granulometria menor que 325 malhas apresenta um alto teor de caulim.

A granulometria de 200 malhas (0,074 mm) é a fração referencial neste trabalho, devido a ser a granulometria utilizada pela empresa MJ Silva Ltda. e outras empresas da PPB, para fins de comercialização.

Os resultados mostraram que o resíduo de caulim, gerado na unidade de beneficiamento da empresa MJ Silva, tem mais de 53% de caulinita, isto é, material que poderia ser aproveitado e gerar receita e não constituir um passivo ambiental.

### No overflow

Os resultados dos ensaios encontram-se mostrados na Figura 5. Os ensaios foram realizados com a abertura do ápex de 12 mm; vortex

finder 25 mm; abertura de alimentação da válvula em 3/4; válvula do By pass na posição fechada e 20% de sólidos na polpa.

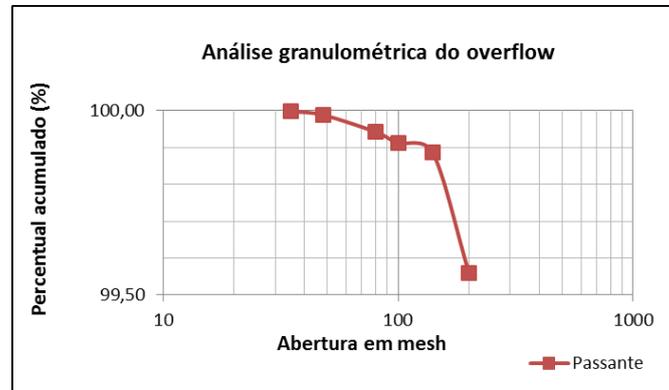


Figura 5. Curva granulométrica do overflow do hidrociclone.

A distribuição granulométrica no overflow mostrou que o material passante em 200 malhas correspondeu a 99,56% em massa, indicando uma boa eficiência de classificação. O material maior que 200 malhas foram de, aproximadamente, 0,44%. Esses resultados mostraram que o material fino (fração menor que 200 malhas), quase que em sua totalidade, está sendo direcionado para o overflow.

### Influência da Porcentagem de sólidos

Os ensaios foram realizados com porcentagens de sólidos de 20, 25 e 30%, mantendo constante o ápex de 12 mm, vortex finder de 25 mm, abertura da válvula de alimentação em 3/4 e By pass na posição fechada. Os resultados encontram-se na Figura 6.

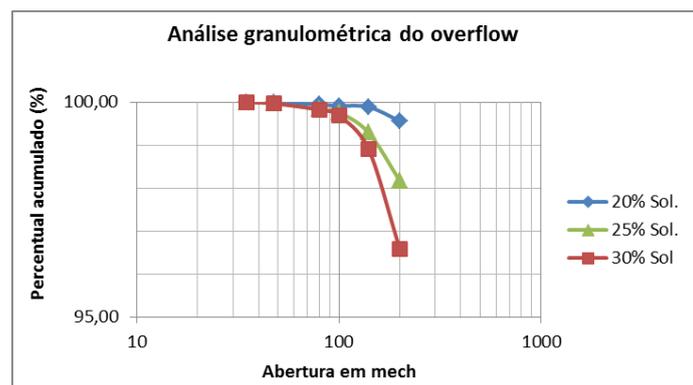


Figura 6. Influência da porcentagem de sólidos sobre a fração do overflow do hidrociclone.

Observou-se nas três porcentagens de sólidos, utilizados nos ensaios de hidrociclonagem, a classificação de partículas no overflow foi bastante eficiente. Esse resultado mostrou que, quando aumenta a

porcentagem de sólidos de 20, 25 e 30%, respectivamente, diminui a eficiência de classificação no overflow do hidrociclone. Neste caso, a fração passante em 200 malhas foi aproximadamente, de 99,5, 98,0 e 96,5%, respectivamente.

Com uma porcentagem de sólidos de 20% verificou-se a melhor eficiência de classificação no overflow do hidrociclone, em 99,56% de material menor que 200 malhas. Esse comportamento deve-se, provavelmente, em que polpas com menores porcentagens de sólidos, as partículas encontram-se com maior distanciamento, umas das outras, e, portanto, a taxa de agregação é bem menor.

### Composição química

As análises por fluorescência de raios-X, da alimentação e do overflow encontram-se apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química por FRX do resíduo de caulim.

Óxidos	Frações (%)	
	Alimentação	Overflow
SiO <sub>2</sub>	56,781	52,712
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,719	39,966
K <sub>2</sub> O	5,687	5,385
MgO	1,152	1,136
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,541	0,697
MnO	0,039	0,035
Rb <sub>2</sub> O	0,034	0,031
Ir <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,009	0,009
CuO	0,008	0,008
ZnO	0,008	0,005
ZrO <sub>2</sub>	0,007	0,004
NbO	0,006	0,003
C	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>99,991</b>	<b>99,991</b>

A análise química por FRX indicou uma quantidade significativa de óxido de silício, óxido de alumínio e baixa quantidade de ferro presentes nesse resíduo de caulim. Os resultados de teores de óxidos são muito semelhantes para a alimentação e para o overflow, com exceção do SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

A tabela mostra que os teores de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  no overflow encontram-se em valores próximos aos do caulim beneficiado, conforme Santos (1975) que é de 39,50% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 46,54% de  $\text{SiO}_2$  e 13,96% de  $\text{H}_2\text{O}$ . Ressalta-se que na análise dos teores de óxidos não foi analisado a Perda ao Fogo (PF).

### **Conclusões**

Nos testes de vazão da alimentação os resultados mostraram que com ápex de 12 mm foram obtidas maiores vazões no overflow em relação ao ápex de 15 mm. Esse material descarregado pelo overflow, provavelmente, apresenta uma significativa concentração de caulinita. A maior vazão do overflow, de  $5.052,63 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , foi obtida ajustando o diâmetro do ápex em 12 mm, posição da válvula de alimentação em 3/4 e a posição do by pass na posição fechada.

Com relação ao diâmetro do ápex e do *vortex finder* a melhor geometria encontrada foi com o ápex de 12 mm e com o *vortex finder* de 25 mm de diâmetro. A porcentagem de sólido que respondeu com melhor resultado foi utilizando um percentual de 20%. Esse comportamento deve-se, provavelmente, ao fato de que em polpas com menores porcentagens de sólidos, as partículas se encontram com maior distanciamento, umas das outras e, portanto, a taxa de agregação torna-se menor.

Os resultados mostraram que há viabilidade de recuperação do mineral caulinita, proveniente de resíduos do beneficiamento, através da classificação de partículas no hidrociclone. O hidrociclone mostrou-se um equipamento eficiente, apresentando uma boa recuperação de finos de caulinita, recuperando no overflow até 99,5% numa granulometria < 200 malhas.

A análise química da alimentação e do overflow comprovou a presença de caulinita nesses produtos.

### **Referências**

BRASIL. **Constituição Brasileira de 1988**, artigo 225 do CAP VI do meio ambiente.

Disponível em <[www.senado.gov.br/atividade/cosnt/con1988/com1988\\_15.12.2016/art\\_225\\_.asp](http://www.senado.gov.br/atividade/cosnt/con1988/com1988_15.12.2016/art_225_.asp)> acesso: 17 jan. 2018

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010**, institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato20072010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/112305.htm)> Acesso: 17 jan. 2018.

LUZ, A. B. da, SAMPAIO, J. A., FRANÇA, S. C. A., **Caracterização Mineralógica de Minérios. Livro tratamento de Minérios 5ª Edição** – Cap. 3(Parte I) – pág. 57–84. Rio de Janeiro, 2010.

MARTÍNES, L. F., LAVIN, A. G., MAHAMUD, M. M., BUENO, J. L., **Vortex finder optimum length in hydrocyclone separation**. Chemical Engineering 47 (2008) 192 – 199.

MENEZES, R.R; OLIVEIRA, M.F; SANTANA, L.N.L; NEVES, G.A; FERREIRA, H.C., **Utilização do resíduo do beneficiamento de caulim para a produção de corpos multílicos**. Cerâmica 53 (2007) 388 – 395. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ce/v53n328/a0953328.pdf> > Acesso: 14 dez. 2017.

NEVES, G. de A., FERREIRA, H. C, NASCIMENTO, J. W. B. do, LEAL, A. F., **Resíduos Industriais na construção de habilitações de interesse social**.- Campina Grande: Gráfica e Editora Agenda, 2010.

SAMPAIO, J. A., LUZ, A. B. da, LINS, F.F., **Usinas de beneficiamento de minérios do Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.

SANTOS P. de S. **Tecnologias de Argilas Aplicadas às Argilas Brasileiras**. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, v.1, 1975.

SILVA, J. P. S., **impactos ambientais causados pela mineração**. Revista espaço da Sophia – Nº 08 – Novembro/2007- mensal - ANO I, ISSN 1981 – 318X

VIDAL, F. W. H., SANTOS, C. A. M; ALMEIDA, K. M., CASTRO, N. F., **Recuperação de caulim do rejeito de beneficiamento em pequenas empresas da região do seridó (RN-PB)**, XXVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa Belém-PA, 23 a 27 de Outubro 2017.