

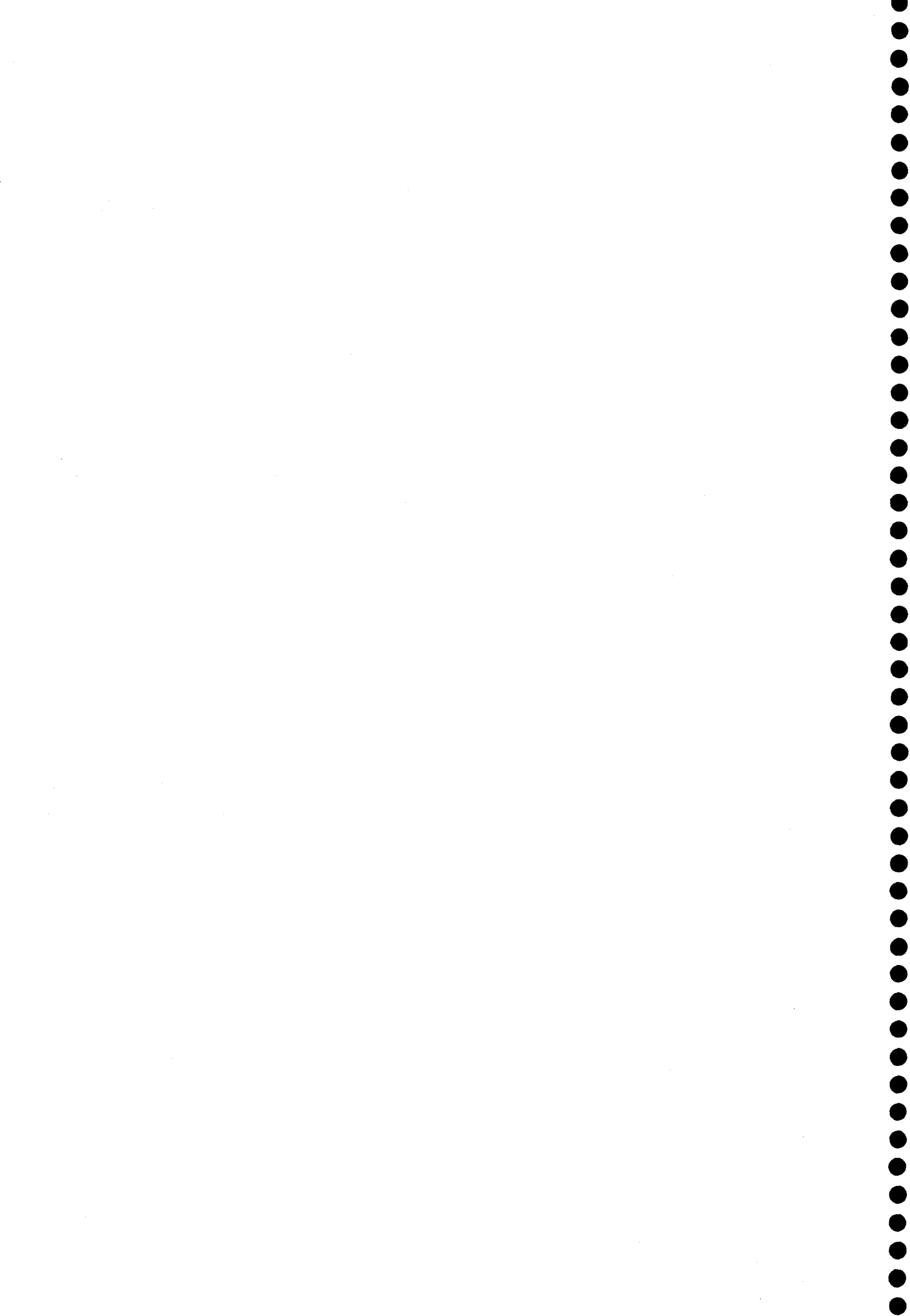
# Produção de paratungstato de amônia a partir de rejeitos de scheelita

Patrícia Radino \*  
Oswaldo Galvão Caldas da Cunha \*\*  
Arthur Lakschevitz Júnior \*\*

1. INTRODUÇÃO
2. PROCESSO IDEALIZADO
3. TRABALHO REALIZADO
4. RESULTADOS OBTIDOS
5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS
6. CONCLUSÕES

\* Paulo Abib Engenharia S/A

\*\* Remetálica Consultoria e Desenvolvimento de Processos Ltda.



## Resumo

O trabalho apresenta o processo idealizado para o tratamento dos concentrados de flotação contendo em torno de 10% de  $WO_3$  tendo como objetivo produzir o paratungstato de amônia.

Os ensaios foram realizados em escala de laboratório, em três blocos distintos de processamento: lixiviação alcalina sob pressão; purificação da solução obtida;

## 1. Introdução

O aproveitamento de rejeitos contendo valores metálicos já se constitui em prática industrial comum em muitos países. No Brasil, embora já existindo unidades que se dediquem a esse tipo de operação, ainda existem grandes setores que por falta principalmente de tecnologia adequada, permanecem intocados.

Um exemplo clássico, é dos rejeitos das unidades de concentração que vem se acumulando através dos anos, aguardando uma solução técnica e economicamente viável.

Uma característica dos problemas tecnológicos de mais fácil solução, é a atenção e o esforço que normalmente desperta na comunidade integrante do sistema de desenvolvimento de tecnologia. No Brasil, o conhecido problema dos rejeitos de schelita do Rio Grande do Norte gerou e continua gerando uma quantidade apreciável de trabalhos nas universidades, centros de pesquisas e em empresas de engenharia e consultoria.

No caso específico de Brejui, esse esforço, no passado gerou um projeto industrial (Bremetal) que não conseguiu na época ser bem sucedido, colocando em produção comercial uma unidade industrial para o tratamento desses rejeitos.

No ano de 1982, Paulo Abib Engenharia e Remetal Consultoria, foram contactados pelo Governo do Estado do Rio Grande do

Estado do Rio Grande do Norte para estudar o assunto, detectar os problemas ocorridos e tentar encontrar uma solução.

As equipes das duas empresas reuniram-se e decidiram efetuar um planejamento de análise do problema e programação de experiências dentro do conceito de um desenvolvimento tecnológico objetivo, onde as áreas críticas são previamente selecionadas e as experiências conduzidas dentro de um mínimo necessário a recolher dados confiáveis.

Desta forma foi possível em curto prazo e com mínimo de dispêndio, encontrar uma solução viável para o problema.

Na área química, (tratamento dos concentrados com 10% de  $WO_3$ ) o problema principal residiu em encontrar um caminho adequado a valorização do produto final, de forma que a viabilidade do projeto pudesse apresentar um resultado positivo.

Por esse motivo, planejou-se obter diretamente o Paratungstato de

transformação do tungstato de sódio em tungstato de amônia por extração por solventes.

Uma avaliação econômica preliminar ao final do trabalho permitiu concluir que o processo apresenta viabilidade técnica e econômica.

## 2. Processo idealizado

### 2.1. Análise crítica

Alguns problemas foram encontrados na análise realizada dos trabalhos até então efetuados:

Na área de concentração, um problema crítico com a água local e alguns problemas no circuito de beneficiamento.

Na área química, (tratamento dos concentrados com 10% de  $WO_3$ ) o problema principal residiu em encontrar um caminho adequado a valorização do produto final, de forma que a viabilidade do projeto pudesse apresentar um resultado positivo.

Por esse motivo, planejou-se obter diretamente o Paratungstato de

amônia, usando tecnologia mais avançada porém tendo em mente um aproveitamento sempre que possível das unidades já existentes.

## 2.2. Processo de tratamento químico

O processo consiste em tratar os pre-concentrados (10%  $WO_3$ ) em uma lixiviação alcalina sob pressão, transformando todo o tungstênio em tungstato de sódio. Após uma separação da ganga, a solução é tratada com uma mistura de sulfato de alumínio e de magnésio para a eliminação de impurezas.

Na etapa seguinte, o molibdenio é precipitado como sulfeto e separado por filtração. Muito embora se constitua em um produto vendável, o teor de molibdenio é baixo no rejeito não apresentando incrementos significativos no faturamento.

Uma vez definido um fluxograma básico, foi feito um planejamento de ensaios destinado a encontrar os pontos críticos do processo.

## 3. Trabalho realizado

### 3.1. Lixiviação sob pressão

O concentrado obtido, a partir do rejeitos de Brejui, por flotação foi submetido a testes de lixiviação alcalina.

O equipamento selecionado para os testes de lixiviação consiste em uma autoclave de aço inoxidável com cerca de 1 litro de capacidade e capaz de operar a elevadas pressões. A autoclave é dotada de um dispositivo que permite a tomada de amostras periódicas da solução. O agitador é acoplado magneticamente a um impulsor externo elétrico dotado de dispositivo regulador de velocidade. Tal configuração dispensa selos mecânicos, que poderiam originar vazamentos e permite amplo controle da velocidade angular de agitação na faixa de 300 a 1800 rpm.

Os principais parâmetros, capazes de influir na recuperação e na velocidade de extração de tungstênio são certamente, temperatura, alcalinidade da solução lixiviante, tamanho de partícula do material lixiviado e hidrodinâmica do equipamento, esta última essencialmente afetada pela velocidade angular do agitador.

As lixiviações foram conduzidas com 20 g de material sólido e 500 ml de solução lixiviante e a agitação era mantida a níveis reduzidos, durante o processo de aquecimento, de modo a propiciar uma dissolução mínima, antes da estabilização da temperatura.

### 3.2. Purificação

A solução obtida através da lixiviação alcalina deve sofrer um tratamento que visa a eliminar outros elementos solubilizados com o tungstênio e que contaminariam o produto final. São

impurezas frequentes o silício, fosforo e arsênio além do molibdenio.

#### 3.2.1. Precipitação.

A purificação da solução pode ser efetuada através da precipitação dos elementos indesejáveis sob a forma de compostos insolúveis.

Silício, fosforo e arsênio são eliminados através da adição de sulfatos de alumínio e magnésio seguida de aquecimento a 80 °C por cerca de 1 hora.

O molibdenio precipita sob a forma de tiomolibdato em soluções tratadas com  $Na_2S$ , acidificadas e mantidas a 80 -100 °C por várias horas.

O equipamento utilizado constituiu em um reator de vidro com agitação magnética e condensador de refluxo. O sistema de aquecimento elétrico foi dotado de controle de temperatura sendo o sensor mergulhado na solução.

A filtração foi feita em filtro comum tipo funil de laboratório não sendo necessário o uso de vácuo.

#### 3.2.2. Extração do Mo.

Decidiu-se também a possibilidade de remoção do molibdenio através de extração com solvente do tipo de trocador catiônico. No caso optou-se por D2EHPA diluído em hidrocarboneto aromático.

Os ensaios foram conduzidos em batelada utilizando-se funis de separação de laboratório.

A solução acidificada favorece a formação de espécies de molibdenio catiônicas que podem então ser extraídos. Tal efeito é muito menor pronunciado sobre o tungstênio.

### 3.3. Produção de paratungstato de amônia

Visando, como já mencionado anteriormente, obter-se um produto de valor intrínseco superior, o emprego do processo de extração por solvente teve como objetivo produzir, a partir de uma solução de paratungstato de sódio, uma solução de paratungstato de amônio de características adequadas à obtenção do produto final por cristalização.

A obtenção de uma solução de paratungstato de amônio a partir de uma solução de tungstato de sódio pelo processo de extração por solventes envolve as operações apresentadas a seguir:

- extração dos íons contendo tungstênio para uma solução orgânica,
- lavagem da solução orgânica remoção de gotículas de solução aquosa, principalmente para eliminação da contaminação posterior por íons  $Na^+$ ,
- "stripping" da solução orgânica por solução de amônia, obtendo-se na fase aquosa uma solução de paratungstato de amônia

- regeneração da solução orgânica, ou seja, obtenção do sulfato da amina, por contactação da solução orgânica com solução de ácido sulfúrico.

Como o tungstênio existe em soluções aquosas sob a forma de anions, o reagente ativo para promover sua extração deverá ser um reagente catiônico, como uma amina, que poderá ser primária, secundária, terciária, ou um sal de amônio quartenário.

Existem diversas aminas que já foram testadas para a extração de tungstênio, disponíveis em quantidades comerciais, onde podemos destacar as seguintes: Alamina 336, Aliquat 336, Adogen 283 e Hostorex A-327. Para os ensaios realizados foi selecionada a Alamina 336 por ser a mais adequada para as características da solução contendo tungstênio objeto deste estudo.

De acordo com dados publicados na literatura disponível, o reagente Alamina 336 é eficiente para a extração do tungstênio apenas em pH ácido, havendo um decréscimo brusco na extração a medida em que o pH aumenta. Entretanto, se considerarmos que o licor de lixiviação será submetido a operações de purificação para remoção de impurezas, antes da alimentação da operação de extração por solventes, pode-se verificar que há uma compatibilização entre o pH das duas operações: é necessário acidular o licor para remoção de molibdênio.

Foram utilizadas soluções orgânicas de Alamina 336 diluída em querosene; o querosene era pré-filtrado de modo a remover partículas sólidas em suspensão. Devido a facilidade que as aminas apresentam de formação de terceira fase, há necessidade de se adicionar na solução orgânica um agente modificador que aumente a solubilidade do complexo orgânico na solução orgânica; nestes ensaios forma utilizados como agentes modificadores o fosfato de tributíla (TBP) e o álcool n octanol.

Os ensaios realizados avaliaram a influência do pH de equilíbrio na regeneração da solução orgânica para reciclo, a diluição do reagente ativo e a concentração e tipo do reagente modificador na extração do anion contendo tungstênio, as condições de lavagem da solução orgânica carregada e a concentração da solução de amônia para "stripping".

### 3.3.1. Procedimento Experimental.

Os ensaios foram todos realizados em funis de separação, para onde eram transferidos, por meio de pipetas, alíquotas das soluções orgânica e aquosa, selecionadas para o ensaio específico.

A contactação das fases foi feita manualmente, por um período de tempo suficientemente longo, de modo a garantir a obtenção do equilíbrio. Após um período de contactação mínimo de meia hora, os funis eram colocados em repouso para que houvesse a separação das fases; em seguida eram retiradas alíquotas de ambas as fases para análise química. Em alguns testes a fase orgânica foi posteriormente lavada com água e foi determinado o teor de Na, W e SO na solução de lavagem; esta

lavagem foi feita, em algumas amostras, em dois estágios.

Para os ensaios de "stripping" foi preparada uma solução orgânica carregada em tungstênio, que serviu de alimentação a todos os ensaios. O "stripping" foi conduzido na solução orgânica carregada, com soluções de amônia de diferentes concentrações.

Tanto nos ensaios de extração como nos ensaios de "stripping", não se procurou em manter o pH constante para uma dada série de testes. Apenas para controle, o pH de equilíbrio era medido após cada ensaio. Cada série de testes foi conduzida, contactando-se uma determinada solução orgânica com uma determinada solução aquosa em diferentes relações de volumes, pré-estabelecidas.

A solução aquosa que serviu de alimentação aos testes de extração, foi preparada a partir de tungstato de sódio, grau analítico, de modo a se obter uma solução contendo cerca de 100 g/l WO<sub>3</sub>.

Adicionou-se sulfato de sódio a esta solução pois o licor real que é obtido por lixiviação com excesso de barrilha, conterá também sulfato de sódio decorrente da neutralização do excesso de barrilha com ácido sulfúrico.

As composições reais das soluções aquosas utilizadas para os testes estão apresentadas a seguir. Estes dados foram obtidos por determinações quantitativas em alíquotas do licor.

	W (g/l)	Na (g/l)	SO <sub>4</sub> (g/l)	pH
solução A	81,1	42,8	69,4	2,5
solução C	81,1	34,1	38,9	2,1

Para os ensaios de "stripping" utilizou-se uma solução orgânica contendo 32,0 g/l de W preparada a partir de uma solução contendo 5% de Alamina 336 e 5% de n octanol em querosene. Esta composição de solução orgânica foi selecionada para os ensaios de "stripping" por ser a mais adequada a etapa de extração e portanto a composição que deverá ser utilizada na operação industrial.

A solução orgânica carregada em tungstênio foi preparada segundo procedimento semelhante ao processo de extração, ou seja: a solução de Alamina 336 foi equilibrada com solução de ácido sulfúrico a 2% na relação de volumes orgânico para aquoso de 1,7:1. O pH medido da solução aquosa no equilíbrio foi de 1,6. A solução orgânica assim obtida foi contactada com uma solução aquosa contendo 82,5 g/l W, 25,5 g/l Na, 38,5 g/l SO<sub>4</sub> e pH = 2,0, em uma relação de volumes orgânicos para aquoso de 2,5:1. A solução orgânica carregada foi em seguida lavada com água em uma relação de volumes orgânicos para aquoso de 2:1. A concentração de tungstênio na solução final foi destinada quantitativamente em uma alíquota da solução que serviu de alimentação a todos os ensaios.

Para promover o "stripping" do tungstênio presente da fase orgânica para a fase aquosa foram utilizadas soluções contendo 1,3%, 2,8%, 4,1% de NH<sub>3</sub>.

## 4. Resultados obtidos

### 4.1. Lixiviação

O concentrado obtido por flotação dos rejeitos, tal como foi submetido a lixiviação apresentava a composição granulométrica indicada na tabela 4.1.

TABELA 4.1

Granulometria do Concentrado Lixiviado ("Rotap" 30 min)

Fração (mesh)	%
+ 100	0,2
- 100 + 150	0,6
- 150 + 200	14,3
- 200 + 325	41,4
- 325 + 400	21,5
-400	22,0

Como se desprende o material já se apresenta bastante fino dispensando moagem posterior.

O teor dos principais elementos presente no concentrado encontram-se na tabela 4.2

TABELA 4.2

Análise Química do Concentrado Lixiviado

Elemento	%
W	16,3
Mo	0,4
Ca	39,0
K	0,2
Si	1,0
Fe	0,3
Ti	0,01
Al	0,5
S	0,3
P	0,3
Cr	0,01

Através de testes preliminares, realizados, com material sintético, relacionaram-se os valores para os parâmetros de operação. O resultado dos ensaios de lixiviação encontram-se indicados na tabela 4.3.

TABELA 4.3

Lixiviação do Concentrado de Brejui

Tempo (min)	% extração W
início	41,7
30	83,7
60	96,7
90	99,8
120	99,3
Temperatura - 210 °C	
Alcalidade - IN NaOH + IN Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	
Agitação - 1000 rpm	

A velocidade de lixiviação foi considerável sendo todo o tungstênio dissolvido até 90 min. Tal fato deve-se provavelmente à distribuição granulométrica do material.

A extração do molibdênio foi de 70% e portanto bastante inferior à do tungstênio.

A recuperação, praticamente total foi confirmada através da análise do resíduo de lixiviação cuja massa foi de 18,0 g (90% da massa inicial) e o teor de tungstênio verificado 0,2% de W

### 4.2. Purificação

O licor de lixiviação obtido foi analisado sendo uma composição apresentada na tabela 4.4.

TABELA 4.4

Análise do licor de lixiviação

Elemento	Teor (g/l)
W	40
Mo	0,3
Si	2,7
P	n.e

Com este material procederam-se aos testes de precipitação e extração do molibdênio.

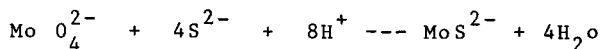
#### 4.2.1. Precipitação.

Foram conduzidos dois testes de precipitação, adicionando-se ao licor de lixiviação 7,5 g/l de Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> e 0,5 g/l Mg SO<sub>4</sub>, seguindo-se aquecimento à 80°C, sob agitação, durante 1 hora.

Em um dos testes foi adicionado Na<sub>2</sub>S em quantidade equivalente a 4 vezes a estequiométrica para formação de tiomolibdato.

Do ponto de vista da remoção do silício os resultados foram idênticos e bem sucedidos sendo o teor de silício na solução purificada de 240 ppm.

A precipitação do molibdênio foi tratada através da adição de Na<sub>2</sub>S em quantidade 3 vezes maior que a estequiométrica para a reação.



A solução após ter sido mantida a 80°C por 1 h em pH = 10 foi acidificada até pH 2,5 continuando-se com agitação e aquecimento por mais 8 h.

O precipitado formado apresentou-se extremamente fino e difícil de filtrar e analisado revelou ter 32% de Mo com menos de 1% de W.

#### 4.2.2 Extração de Mo.

A solução de lixiviação, após remoção do silício e a pH = 2,5 foi tratada em três estágios sucessivos com solução orgânica nova de D2EHPA 1 M em "ciclosol" sendo a relação aquoso/orgânico de 1:1.

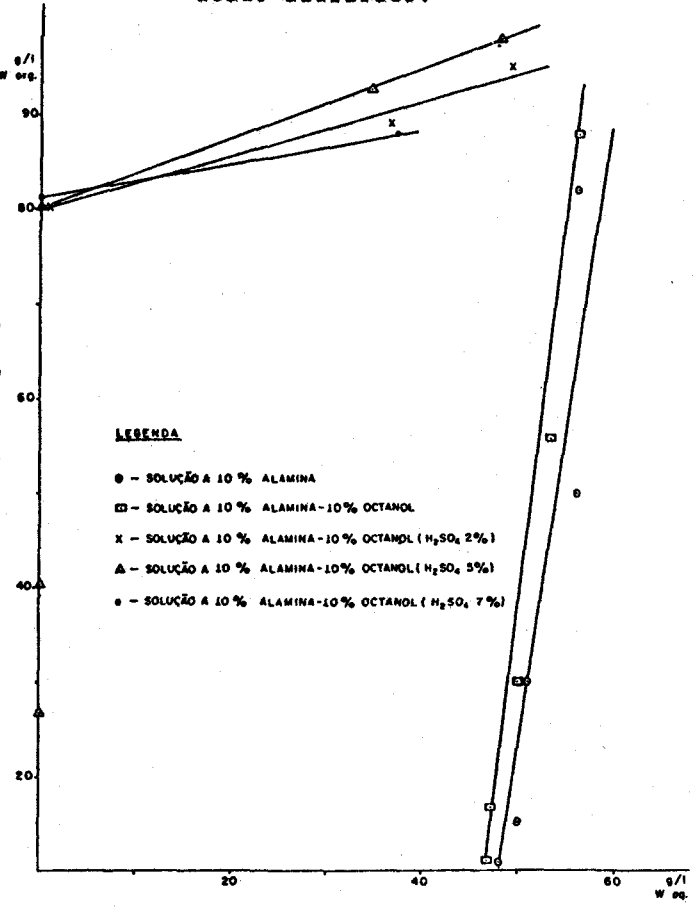
O teor de molibdênio após essa extração revelou-se inferior a 0,02 g/l

### 4.3. Ensaio de extração

A figura 4.1, apresenta a influência da concentração de ácido sulfúrico utilizada na regeneração do reagente orgânico para reciclo, onde pode-se observar que há

● aumento da capacidade de carregamento com  
 ● aumento de acidez da solução de regeneração  
 ● e obtenção de refinados contendo tungstênio  
 ● em concentrações muito baixas; quando  
 ● aumentou-se a concentração da solução ácida  
 ● para 7% de ácido sulfúrico não houve  
 ● melhoria na performance do reagente em  
 ● relação à solução ácida contendo 5% de  
 ● ácido sulfúrico. A presença de octanol em  
 ● uma concentração de 10% tem pouco efeito na  
 ● performance do reagente ativo.

● FIGURA 4.1 - Variação da concentração de ácido sulfúrico.



● O efeito da concentração do agente modificador  
 ● foi avaliado para solução de Alamina a 10%.

● A variação da concentração de álcool na solução  
 ● orgânica da faixa ensaiada, praticamente não  
 ● produz efeito na performance do reagente ativo,  
 ● podendo inclusive decorrer de erro experimental  
 ● e das diferenças entre os valores de pHs de  
 ● equilíbrio nos diversos pontos, as pequenas  
 ● variações encontradas, como pode ser visto na  
 ● figura 4.2.

● Foram realizados alguns ensaios de modo a  
 ● comparar o emprego de TBP (fosfato de  
 ● tributila) em relação ao octanol, como  
 ● agente modificador. Os resultados obtidos,  
 ● apresentados na Figura 4.3 mostraram para  
 ● as condições avaliadas que o emprego do  
 ● TBP afeta a capacidade de carregamento do  
 ● reagente orgânico de forma muito marcante,  
 ● não tendo permitido, nas condições dos  
 ● ensaios, se atingir carregamento de W na  
 ● solução orgânica semelhantes aos obtidos  
 ● quando se utilizou octanol. Vale ressaltar  
 ● que a presença de octanol em solução de  
 ● Alamina a 10% não produziu qualquer efeito  
 ● em sua capacidade carregamento (ver Figura

4.1). A solução orgânica contendo 2,5% de octanol apresentou uma performance algo melhor em relação a solução contendo 5%, pré-contactação da solução de ácido sulfúrico, permite que se atinja pHs de equilíbrio na faixa ácida, obtendo-se, desta forma, refinados com baixas concentrações de tungstênio.

FIGURA 4.2 - Variação da concentração de octanol.

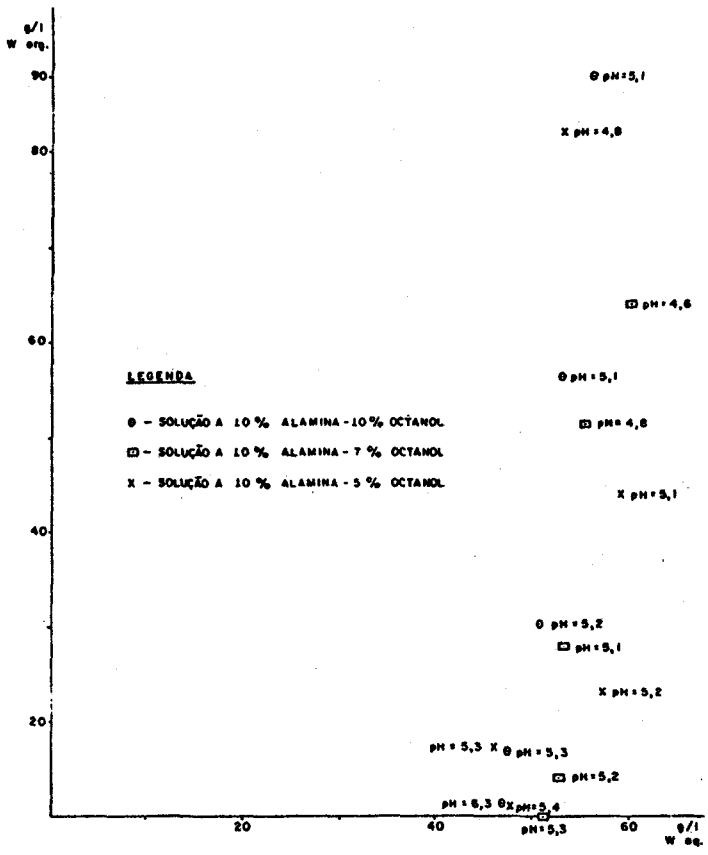
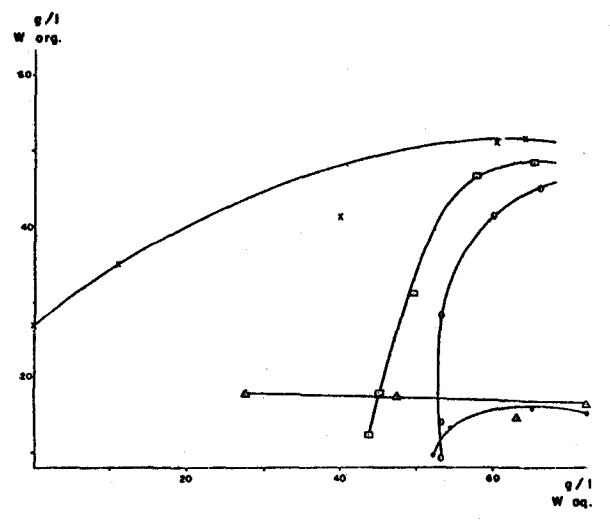


FIGURA 4.3 - Variação do agente modificador.



● LEGENDA  
 ● ○ - SOLUÇÃO A 5% ALAMINA - 5% OCTANOL  
 ● □ - SOLUÇÃO C 5% ALAMINA - 2,5% OCTANOL  
 ● x - SOLUÇÃO C 5% ALAMINA - 2,5% OCTANOL ; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2% pH=1,7  
 ● ● - SOLUÇÃO C 5% ALAMINA - 2,5% TBP  
 ● △ - SOLUÇÃO C 5% ALAMINA - 2,5% TBP ; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2% pH=1,0

#### 4.3.1. Considerações Gerais sobre os Ensaios de Extração.

O carregamento máximo obtido foi de cerca de 115 g/l  $WO_3$  para uma solução contendo 10% de Alamina, o que está de acordo com referências bibliográficas onde há menção de ser atingidos até 130 g/l  $WO_3$ .

Nos testes realizados utilizando-se soluções de Alamina a 10%, não houve, em qualquer caso, formação de terceira fase ou inversão de fases; entretanto sem operar contínuo por um período longo é difícil prever o que ocorrerá caso haja acúmulo de impurezas e/ou partículas coloidais na interface.

A presença de n octanol como agente modificador em concentrações de até 10%, praticamente não afetou o carregamento da solução de Alamina a 10%.

O pré-equilíbrio da solução orgânica com solução de ácido sulfúrico, permite que se atinja concentrações de W no refinado inferior a 0,5 g/l W, não havendo o pré-equilíbrio será necessário a adição de ácido sulfúrico entre os estágios da extração e provavelmente implicará no aumento do número de estágios de forma a se atingir altas recuperações.

O carregamento máximo para uma solução de Alamina a 5% foi de ordem de 60 g/l  $WO_3$ .

Pelas concentrações de sulfato encontradas nas soluções orgânica após lavagem e nas águas de lavagem, pode-se concluir que há um carregamento de solução aquosa durante a extração e que as condições de lavagem adotadas nestes ensaios para sua remoção foram eficientes.

#### 4.4. Ensaios de "stripping"

Os resultados obtidos bem como as condições em que cada ensaio foi realizado estão apresentados na tabela 4.5.

TABELA 4.5.

"Stripping com solução de amônia.

org/aq.	Amônia %	pH	W aq. g/l	W org. g/l	Obs.
3:1	1,5	9,7	100	0,5	-
1:1	2,8	10,7	28,5	1,0	a
3:1	2,8	10,4	62,0	1,0	b
1:1	4,0	11,2	31,5	0,5	a
3:1	4,0	10,5	94,5	0,5	b
1:1	6,7	11,3	31,5	0,5	a
3:1	6,7	10,9	94,5	0,5	b
1:2	6,7	11,4	15,7	0,5	c

a - ambas as fases límpidas

b - formação de pequenas quantidades de pp. na fase aquosa.

c - fase orgânica límpida, fase aquosa turva.

#### 4.4.1. Considerações gerais sobre os Ensaios de "stripping"

Os ensaios de "stripping" ficaram um pouco prejudicados devido à formação localizada de material sólido, sempre que as soluções orgânicas e aquosa eram colocadas em contato. Em alguns, após agitação intensa, o material sólido era colocado em solução. Este problema é facilmente eliminado em operação contínua onde as duas fases são colocadas em contato já sob agitação.

Nos ensaios realizados, o aumento do excesso de amônia livre se mostrou prejudicial à obtenção de uma solução de paratungstato de amônia sem presença de material sólido. Entretanto, vale ressaltar que devido à velocidade em que ocorre a remoção do tungstênio da fase orgânica pela solução de amônia, o uso de soluções mais concentradas pode dar origem à formação de maior quantidade de material sólido que apresenta maior dificuldade para ser posteriormente dissolvido. Nos testes realizados com solução de amônia contendo 1,3% de  $NH_3$  obteve-se uma solução aquosa contendo 100 g/l W apresentando um pH de 9,7, sem presença da matéria sólida no equilíbrio.

O paratungstato de amônio já nas características adequadas à comercialização é obtida por cristalização direta do licor de "Stripping" por remoção de água.

### 5. Avaliação dos resultados

Os resultados obtidos no programa experimental permitiram definir um fluxograma tecnicamente viável.

Com base nesses dados de processo, foi feito um estudo preliminar econômico para avaliar a possibilidade de sucesso do empreendimento.

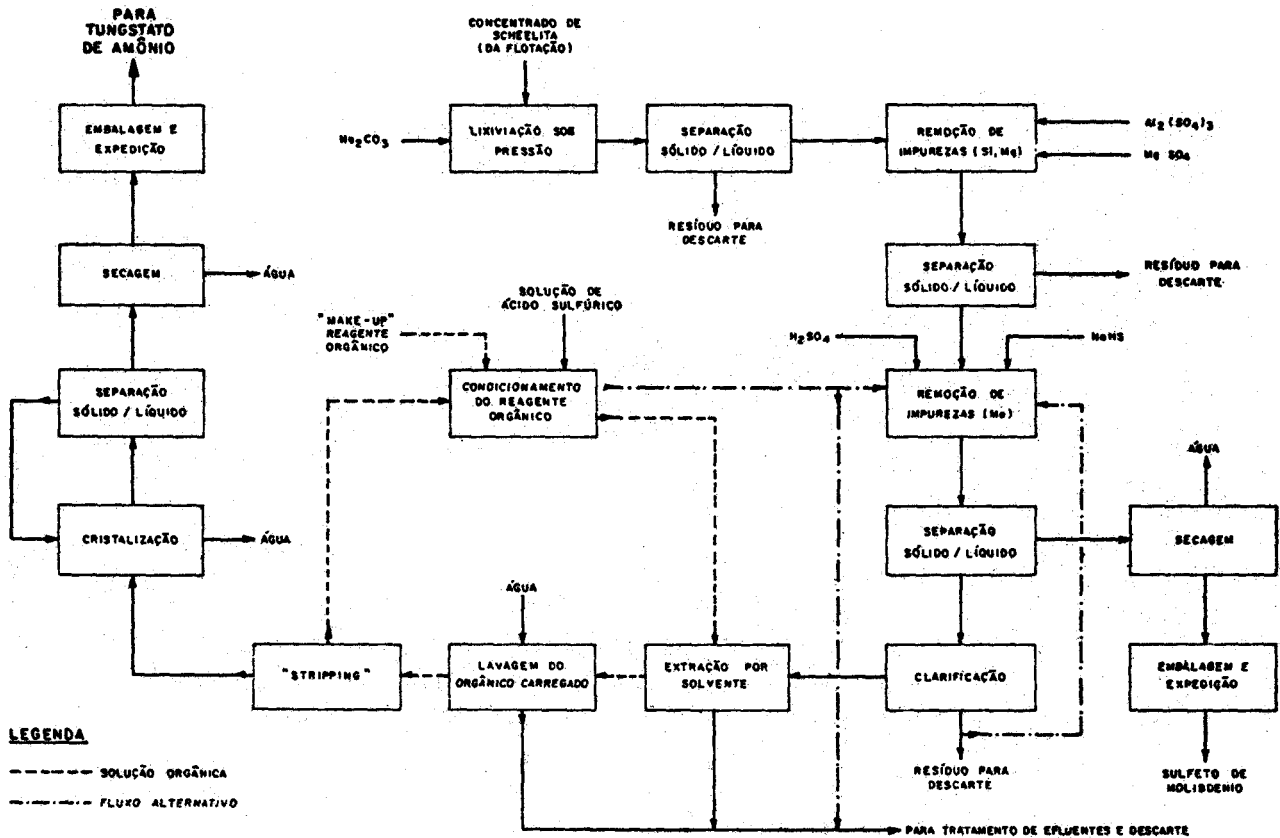
O estudo indicou que o processo apresenta viabilidade seguidas as orientações obtidas no estudo do processo.

O estudo em questão, pode ser realizado em um prazo relativamente curto para estudos de processo, por dedicar tempo necessário em uma fase preliminar de análise crítica e planejamento de ensaios. Nesta análise e planejamento, foi possível identificar os problemas críticos, e dividindo os setores, trabalhar com diferentes equipes de estudo diminuindo o tempo total necessário à realização da parte experimental. Em aproximadamente 9 meses de trabalho foi possível planejar o programa, realizar o trabalho experimental, fazer um estudo de viabilidade e montar um plano de ação futuro.

O processo idealizado mostrou-se adequado, uma vez contornadas as dificuldades inerentes ao próprio processo, como foi o caso do abastecimento de água de qualidade aceitável, e do desenvolvimento de um produto final de maior valor, usando uma técnica que permitisse com poucas modificações aproveitar as unidades existentes na Bremetal.



Diagrama de blocos do processo preconizado.



## 6. Conclusões

O trabalho realizado permitiu extrair algumas conclusões, listadas a seguir:

- É possível técnica e economicamente produzir APT partindo-se dos rejeitos da usina de concentração da mina de Brejui.
- O tratamento de água é indispensável, recomendando-se como solução a instalação de uma unidade de Osmose Reversa.
- Para que a unidade de tratamento seja rentável será necessário que o produto final tenha um valor agregado maior sem que isso signifique um acréscimo considerável no custo de produção.
- Para a execução de um projeto industrial novo ou de modificações da unidade existente seria necessário a realização de testes específicos em escala piloto em alguns setores do processo, determinados através de um planejamento preliminar.
- A execução de um desenvolvimento tecnológico objetivo é possível sempre que existam informações básicas disponíveis, de forma a permitir uma análise crítica e um planejamento eficiente.

A situação internacional do tungstênio, hoje em dia com preços extremamente deprimidos, aliado a uma situação interna de dificuldades econômicas fizeram com que o interesse em geral por tungstênio e em particular pelos rejeitos tenha diminuído, aguardando uma melhor oportunidade para esse tipo de investimento no Estado do Rio Grande do Norte.

## Agradecimentos.

Os autores manifestam o seus agradecimentos ao Governo do Estado do Rio Grande do Norte pelo interesse em encontrar uma solução para esse problema regional e especificamente pelo apoio necessário a execução do projeto.