



**Urbanizadora  
Municipal S.A.**

[www.urbam.com.br](http://www.urbam.com.br)

## **ANEXO F**

### **MEMORIAL DESCRITIVO DO PROCESSO DE TRATAMENTO NA UTCAS**



(12) 3908-6000



Rua Ricardo Edwards, 100 - Vila Industrial - São José dos Campos - SP

CEP 12220-290



Urbanizadora  
Municipal S.A.

[www.urbam.com.br](http://www.urbam.com.br)

## SUMÁRIO

1.	Introdução	3
1.1.	Rotas Tecnológicas Possíveis	4
2.	Legislação Incidente	5
3.	Rota Tecnológica da UTCAS	5
3.1.	Processo Físico-Químico (PFQ)	5
3.2.	Processo de Tamisação Molecular (PTM)	8
3.3.	Processo de Osmose Reversa (POR)	9
3.5.	Controle da Qualidade do Efluente Tratado	11
4.	Descrição da UTCAS	11
4.1.	Processo Físico-Químico - PFQ	11
4.2.	Processo de Tamisação Molecular - PTM	13
4.3.	Processo de Osmose Reversa - POR	13
4.4.	Processo de Eletrodialise - PED	14
5.	Considerações finais	15
6.	Balanço Mássico	17



(12) 3908-6000



Rua Ricardo Edwards, 100 - Vila Industrial - São José dos Campos - SP

CEP 12220-290



## 1. Introdução

Os aterros sanitários são locais desenvolvidos com objetivo de tratar e dispor resíduos sólidos classificados como classe 2A pela Norma Técnica 10004 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas denominada “Classificação de Resíduos Sólidos”.

Os resíduos sólidos classe 2A apresentam em sua composição uma importante fração de matérias orgânicas biodegradáveis.

Em função da forte compactação a que os resíduos sólidos são submetidos quando depositados no aterro sanitário, ocorre a redução dos espaços vazios da massa dos resíduos, o que privilegia a ocorrência de processo anaeróbio, pela ausência de oxigênio.

As reações anaeróbias no interior do maciço de resíduos resultam em duas ocorrências, que são a geração de biogás e do lixiviado, que percola e forma o chorume.

O aterro sanitário é uma obra de engenharia que se desenvolve a céu aberto e às intempéries ambientais. Uma parcela da precipitação pluviométrica se infiltra no maciço de resíduos. Essa massa líquida terá contato com os resíduos dispostos no aterro sanitário, promovendo a lixiviação dos compostos solúveis ao percolar pelo maciço.

A somatória dos líquidos resultantes da decomposição da fração orgânica dos resíduos sólidos, essa massa líquida que se infiltra no maciço durante as precipitações pluviométricas, e a umidade intrínseca do próprio resíduo sólido, são fatores indutores da produção do chorume em aterros sanitários.

Considerando que os fatores de geração do chorume sofrem influência de fatores ambientais e das próprias características dos resíduos sólidos dispostos no aterro sanitário, a vazão e as características químicas do chorume variam ao longo do tempo. Como um dos fatores de geração de chorume é resultante da própria atividade microbiológica presente na massa de resíduos, que perdura por longos períodos de tempo até que ocorra a estabilização da matéria orgânica, sempre é esperado que ocorram alterações importantes das características do chorume em função da idade do aterro sanitário.

A concepção de um sistema para o tratamento de chorume de aterro sanitário deve atender às variações significativas de vazões, bem como as alterações das características químicas.





### 1.1. Rotas Tecnológicas Possíveis

O comportamento de alta variabilidade em termos qualitativos e quantitativos são fatores preponderantes na definição da melhor rota tecnológica para o tratamento desse efluente líquido.

Em função da existência de matéria biodegradável no chorume, a primeira possibilidade que se apresenta em termos de rota tecnológica para o tratamento é a utilização de sistemas baseados em processos biológicos, especialmente os que privilegiam microrganismos anaeróbios.

Essa alternativa enfrenta um forte obstáculo, mesmo desconsiderando as variações de vazão e de qualidade, pois os líquidos percolados apresentam, além de altas concentrações de sais, uma relação de Demanda Bioquímica de Oxigênio / Demanda Química Oxigênio ( $DBO_5/DQO$ ) que não favorece essa rota tecnológica. Essa relação muitas vezes fica próxima de 1, o que na prática significa a falta de energia necessária à sustentação do processo de digestão da matéria orgânica, principalmente recalcitrante. Nessa condição, seria necessário o incremento de nutrientes específicos no meio para sustentar o desenvolvimento das reações de biodegradação. Desta forma, o tratamento de líquidos percolados baseado em processos biológicos poderá adotar a tecnologia de reação aeróbia com incremento de nutrientes.

Para esse tipo de processo, a primeira etapa se constitui na redução dos níveis de Nitrogênio Amoniacal. Deverão ser construídas grandes lagoas para promover a nitrificação/desnitrificação, sendo requerida, na maioria das vezes, a adição de oxigênio molecular e nutrientes específicos, como álcool e fosfato.

O processo biológico não é suficiente para a eliminação da carga de poluentes químicos, principalmente N-amoniacal. Assim, utilizam-se barreiras físicas como nanofiltração e osmose reversa associadas aos processos biológicos. Ao se utilizar dessas barreiras, contudo, há uma geração significativa de material retentado, sem solução até o momento.

Da mesma forma, os sistemas baseados em acidificação do chorume e osmose reversa produzem uma quantidade muito relevante (30% a 40%) de retentado, um material com alto potencial de contaminação ambiental, resultando num passivo que carece de solução adequada.

A alternativa de utilização de processo físico-químico, na qual é realizado principalmente operação de coagulação seguida de floculação dos sólidos, melhora o aspecto visual da massa líquida, pois remove cor e turbidez e, conseqüentemente, ocorre a redução da  $DBO_5$ . Entretanto, os valores de Nitrogênio Amoniacal permanecem inalterados. Além do Nitrogênio Amoniacal, os valores de  $DQO$  também continuam elevados.





Atualmente, a opção por “sistemas combinados de tratamento” começa a aparecer na literatura científica como uma alternativa para o tratamento do chorume.

## 2. Legislação Incidente

O objetivo básico de um sistema de tratamento de efluentes líquidos é adequar a massa líquida resultante do seu processamento para que possa ser lançada no ambiente, sem a ocorrência de impactos ambientais significativos ao ecossistema que irá receber esse material.

No caso de tratamento dos efluentes líquidos, o objetivo principal é adequar a qualidade final da massa líquida obtida à luz da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente 430/2011, promulgada em 13/05/2011, a qual “Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes líquidos”. A citada legislação complementa e altera a Resolução do Conama 357 de 17 de março de 2005, que trata de assuntos relacionados à qualidade de efluentes líquidos, e o Decreto Estadual 8468/76 nos artigos 18 e 19ª, para o lançamento direto no corpo receptor que preserva a coleção hídrica receptora.

## 3. Rota Tecnológica adotada UTCAS

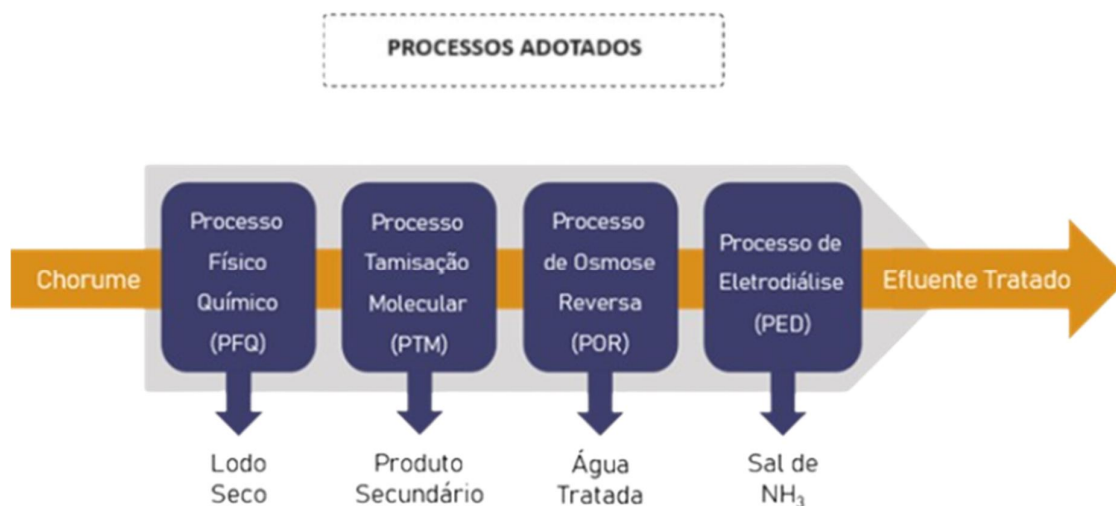
A rota tecnológica é baseada num sistema combinado de processos químicos e físicos sem a utilização de sistema biológico. Desta forma, é um processo de engenharia compacto e regulável, com alto nível de instrumentação e controle, que promove a modulação necessária para fazer frente às variações no tempo, de qualidade e de quantidade dos contaminantes presentes no chorume, além da sazonalidade das variações do volume do chorume produzido nos aterros sanitários.

O tratamento foi dividido em quatro etapas: *Processo Físico-Químico (PFQ)*, *Processo de Tamisação Molecular (PTM)*, *Processo de Osmose Reversa (POR)* e *Processo de Eletrodíálise (PED)*. Em cada uma destas quatro etapas, os processos foram levados até os níveis de maior eficiência para garantia do bom desempenho da etapa posterior.

### 3.1. Processo Físico-Químico (PFQ)

O chorume apresenta grandes concentrações de sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, altos valores de DBO/DQO e metais, observados nos seus valores de cor e turbidez. O processo Físico-Químico é dividido em quatro equipamentos: Reator Coagulação, Floculador Tubular, Flotador por Ar Dissolvido e Decantador.





**Figura 1 – Rota Tecnológica Adotada**

### 3.1.1 Reator de Coagulação - RDC

O RDC promove a desestabilização da matriz do chorume com a adição de um coagulante trivalente, que provoca a coagulação e catalisa a quelação dos metais. O chorume coagulado segue para o Floculador Tubular.

### 3.1.2 Floculador Tubular – FLT

O Floculador Tubular promove um nível de turbulência no chorume coagulado, que aglutina as partículas, formando flocos. Um polímero floculante é adicionado, e promove o enlace dos flocos. Posteriormente, um segundo polímero promove a selagem e encapsulamento dos flocos. Desta forma, ocorre o sequestro nos flocos dos metais, sólidos suspensos e parcela relevante dos sólidos dissolvidos. A mistura floculada segue para o Flotador por Ar Dissolvido.

### 3.1.3 Flotador por Ar Dissolvido - FAD

No FAD, é executada a separação do lodo e do clarificado (fase líquida), através do processo de flotação realizada com microbolhas de ar. O floco flotado é separado da fase líquida por um raspador e o efluente clarificado verte do flotador. O lodo gerado, estimado em 7% (em massa), caracterizado como classe II-B, é hidrófobo e não lixivia (Norma 10.004 da ABNT). Depois de ser retirado do flotador, é encaminhado ao leito de secagem, do qual

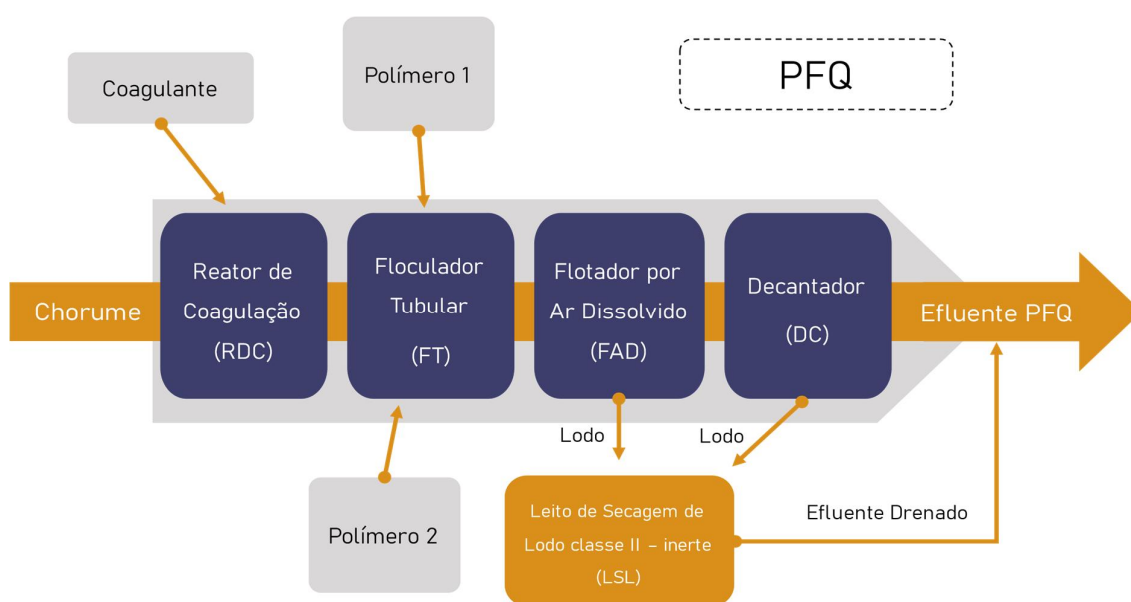
o efluente drenado é bombeado para o decantador, somando-se ao clarificado. Após secagem em leitos, terá umidade média de 60% e ausência de líquidos livres. O lodo será destinado ao aterro sanitário, e não contribui para formação de mais chorume quando águas pluviais percolarem o maciço.

### 3.1.4 Decantador - DCT

O efluente clarificado (fase líquida) do flotador é encaminhado ao decantador, cujo objetivo é a retirada de flocos remanescentes, que por terem perdido os gases produzidos nas reações químicas, decantam. Estima-se que no máximo 1% do lodo formado venha a decantar. O lodo purgado no fundo do decantador é encaminhado ao leito de secagem. O efluente drenado no leito de secagem retorna ao Decantador.

O efluente do PFQ é de coloração amarela translúcida e já apresenta uma redução expressiva de DBO, cor e turbidez.

O PFQ é controlado e ajustado periodicamente por meio da aplicação de *Jar Test*, que define as quantidades de coagulantes e floculantes a serem adicionadas ao chorume bruto, para fazer frente às variações de qualidade e quantidade de contaminantes presentes no chorume produzido no aterro nos períodos de chuva e de seca.



**Figura 2 – PFQ – Coagulação, Floculação, Flotação e Decantação.**



### 3.2. Processo de Tamisação Molecular (PTM)

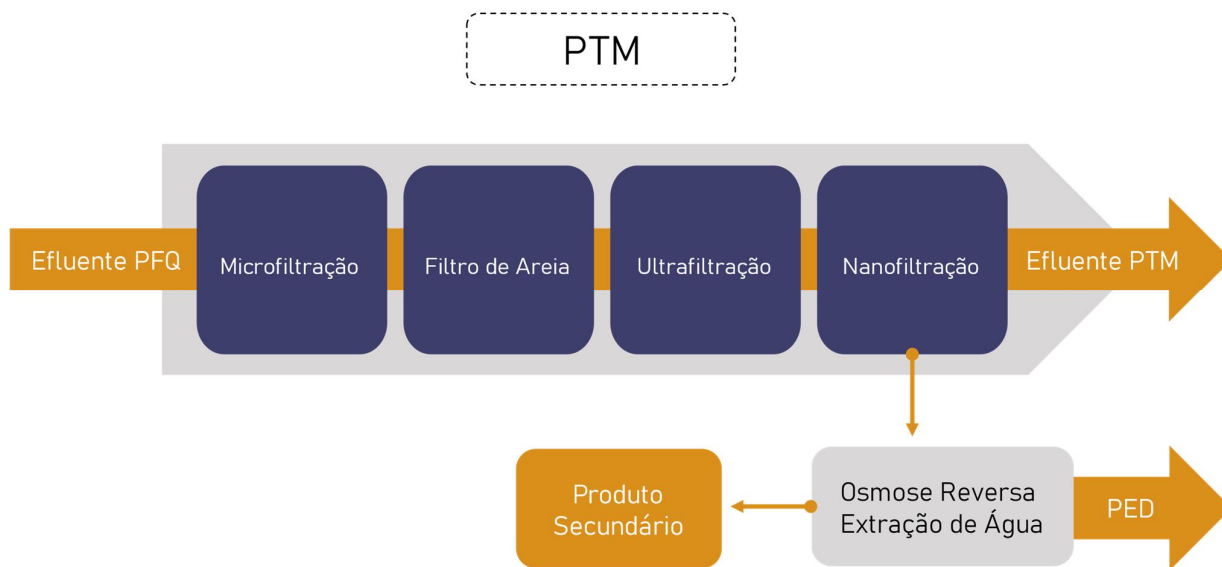
O efluente do PFQ é preparado com microfiltração de sacrifício, para proteger o PTM de algum floco que tenha passado por ter densidade muito próxima de  $1\text{g/cm}^3$ .

Um filtro de areia de quartzo garante a filtração micrométrica de sólidos suspensos, e a ultrafiltração garante os níveis de turbidez (NTU) do efluente para maior eficiência da Nanofiltração.

A Nanofiltração irá dividir o efluente em duas frações, o permeado (70%) e o retentado (30%). O retentado é rico em compostos químicos orgânicos de alto peso molecular, e o permeado é um efluente incolor e cristalino que ainda contém elevados níveis de nitrogênio amoniacal.

O retentado da Nanofiltração é o *Produto Secundário*, utilizado como condicionador de solo, livre de contaminantes, comercializado com empresas fabricantes de fertilizantes devido ao carbono orgânico total (COT) presente, e à capacidade de troca iônica das substâncias nele contidas. As membranas de Nanofiltração serão lavadas periodicamente e o efluente da lavagem retorna para a lagoa de chorume, cujo volume de 1000 litros por dia não tem impacto relevante.

O retentado da Nanofiltração segue para o conjunto de Osmose Reversa, para Extração de Água (OREA) e é posteriormente enviado ao reservatório de Produto Secundário. O permeado da OREA segue para o Processo de Eletrodialise. O PTM é controlado por um Controlador Lógico Programável (CLP) e dotado de sensores de pressão, vazão e diversas válvulas pneumáticas.

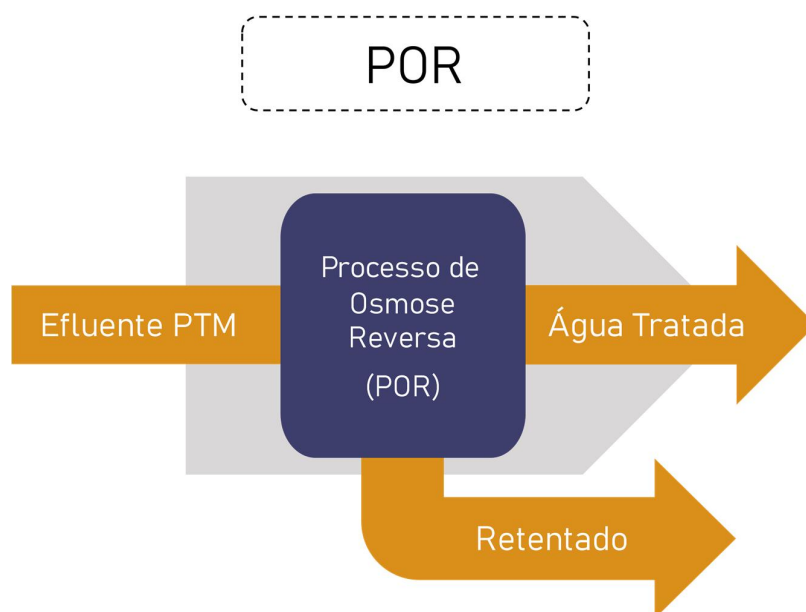


**Figura 3 – Processo de Tamisação Molecular**



### 3.3. Processo de Osmose Reversa (POR)

O efluente permeado das membranas de Nanofiltração tem DQO<50 mg/l, DBO<20 mg/l, Cor<20 UC, Turbidez<7 NTU e N-amoniaco da ordem de 600 mg/l. As Membranas de Osmose Reversa dividem o efluente em permeado (90%) e retentado (10%). O permeado é Água Tratada, a ser comercializada na indústria. O retentado da Osmose Reversa segue para próxima etapa, a Eletrodialise.



**Figura 4 – Processo Osmose Reversa.**

### 3.4. Processo de Eletrodialise (PED)

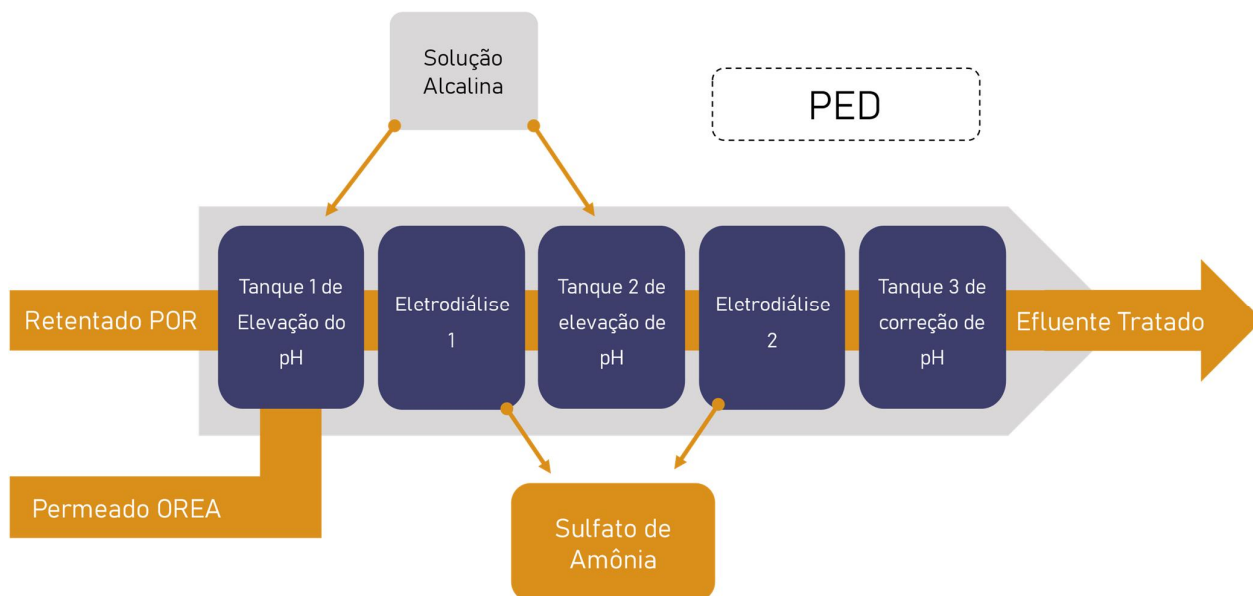
Neste ponto, a concentração do N-amoniaco é o único item que deve ser abatido para que o efluente tratado satisfaça as legislações ambientais. O processo de eletrodialise (PED) é duplicado e colocado em série. A primeira eletrodialise reduz a concentração de N-amoniaco para ordem de 100 mg/l e uma segunda eletrodialise, em série, garante a concentração do nitrogênio amoniaco menor que 20 mg/l.

Para o processo de Eletrodialise, adiciona-se ao efluente uma solução de soda cáustica, e o N-amoniaco é trocado pelos prótons  $H^+$  do ácido sulfúrico nos módulos de eletrodialise.

O contra-íon da solução forma o sulfato de amônia, e o próton ( $H^+$ ) com a hidroxila ( $OH^-$ ) da soda forma água. O efluente do PED tem seu pH corrigido com ácido clorídrico.

A natureza despende um esforço grande para transformar o nitrogênio gasoso ( $N_2$ ) em nitrogênio biodisponível na forma de nitrato, nitrito, ureia e amônia. Assim, o processo de eletrodiálise retira o N-amoniaco do efluente na forma de sulfato de amônia, que será reintroduzido no mercado de fertilizante, configurando a economia circular do ciclo do nitrogênio e a captura do gás amônio ( $NH_3$ ). É comum encontrarmos chorume com 1500 mg/l de N-amoniaco, o que representa 1,5 kg de gás amônio por  $m^3$  de chorume (1 de amônio = 300  $CO_2eq$ ). Ou seja, há 450 kg de  $CO_2$  equivalente a cada  $m^3$  de chorume. Assim, 1000  $m^3$  de chorume carregam o potencial de efeito estufa de 450 ton de  $CO_2eq$ .

O efluente tratado pelo processo proposto satisfaz a legislação ambiental e suporta as variações de qualidade e vazão da produção de chorume no aterro sanitário, mitigando os riscos ambientais.



**Figura 5 – Processo de Eletrodiálise**



### 3.5. Controle da Qualidade do Efluente Tratado

O chorume, por ser um lixiviado oriundo da degradação biológica da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (RSU), que se soma à água que percola pelo maciço até os drenos de captação, apresenta grandes variações de qualidade e quantidade dos contaminantes presentes. Conforme o aumento de volume de RSU depositado e de chuva, maior o volume de chorume.

O PFQ é modulado periodicamente por *Jar Test*, que define as quantidades de coagulante e floculante. As medições da cor, turbidez e N-amoniaco garantem a qualidade do processo.

O PTM é controlado pela pressão e vazão da operação na entrada do sistema, que indica o momento de limpeza das membranas. Um teste de cor e vazão do permeado controla a qualidade da Nanofiltração.

O POR é controlado pela pressão e vazão da operação na entrada do sistema, e a vazão do permeado que indica o momento de limpeza das membranas.

O PED é controlado pela medição do pH, cor, turbidez e N-amoniaco do efluente tratado em campo.

## 4. Descrição da UTCAS

A UTCAS foi planejada para 350 m<sup>3</sup>/dia na primeira fase, que será instalada no entorno do aterro sanitário municipal, no município de São José dos Campos, SP, administrado pela URBAM, a qual ocupará uma área de instalação de 893,00m<sup>2</sup>, cuja base de concreto prevê as medidas cabíveis de contenção de derramamento dos efluentes, com canaletas condutoras e caixas receptoras. Os equipamentos foram confeccionados em aço inox, polipropileno e fibra de vidro, evitando a oxidação e diminuindo a manutenção devido às intempéries.

A UTCAS é organizada em quatro processos consecutivos: Processo Físico-Químico (PFQ), Processo de Tamisação Molecular (PTM), Processo de Osmose Reversa (POR) e Processo de Eletrodialise (PED).

### 4.1. Processo Físico-Químico - PFQ

O PFQ ocorre em quatro equipamentos.

**4.1.1. Um Reator de Coagulação (RDC)** com 8,0 m<sup>3</sup> de volume, confeccionado em aço inox 316, dotado de agitador hidráulico de 2,0 cv, bomba drainer de 2,0 cv, com inversor, que bombeia o chorume da lagoa, na vazão de 15 m<sup>3</sup>/h (1m<sup>3</sup> a cada 4 min) e uma bomba





dosadora de 0,75 cv de coagulante; o coagulante é dosado continuamente. A reação de coagulação é muito rápida e o tempo de retenção hidráulica é de 5 min. O fundo do reator é dotado de um cone com uma válvula gaveta, que regula a vazão de alimentação do Floculador. O Coagulador e o Floculador são interligados como vasos comunicantes, o que define o nível no Coagulador.

**4.1.2. Um Floculador (FLT)**, construído com tubos de PVC SCH, misturador estático interno e duas entradas para polímero. Os polímeros serão dosados com bombas helicoidais de 0,5 cv. Dois preparadores de polímeros, com agitadores de 7,5 cv, preparam os polímeros para serem dosados no Floculador contínuo. A cadência de operação do Floculador é de 1,0 m<sup>3</sup> a cada 4 min, e devido à velocidade do escoamento de 3 m/s, temos um tempo de retenção hidráulica de 30 segundos.

**4.1.3. Um Flotador por Ar Dissolvido (FAD)**, construído em aço inox 316 com capacidade volumétrica útil de 7,5 m<sup>3</sup>, e bomba de microbolhas de 2,0 cv instaladas na parte inferior. O lodo é retirado por pás raspadoras, movidas por motoredutor de 1,0 cv, e encaminhado por calhas para os leitos de secagem. O clarificado será bombeado, por motobomba de 3,0 cv, para o Decantador. O efluente drenado nos leitos de secagem também é bombeado, por motobomba de 0,5 cv, para o Decantador. A cadência de operação do Flotador é de 1,0 m<sup>3</sup> a cada 4 min, e o tempo de retenção hidráulica é de 30 min. Oito leitos construídos em alvenaria, com inclinação de 8%, medindo 12,00m X 1,80m, recebem o lodo que é descarregado do Flotador de Ar Dissolvido e da purga do Decantador. O lodo desidratado com 60% de umidade, representando 7% do chorume, é classe II, não lixiviável e é destinado ao aterro. A área dos leitos de secagem é coberta, medindo 14,00m X 18,00m. O efluente do PFQ segue na cadência de 13,95 m<sup>3</sup>/h, ou 0,93 m<sup>3</sup>, a cada 4 min.

**4.1.4. Um Decantador**, com 12 m<sup>3</sup> de volume, confeccionado em fibra de vidro e com o fundo cônico dotado de válvula de purga. O volume purgado é enviado para os leitos de secagem de lodo. A cadência de operação do Decantador é de 0,93 m<sup>3</sup> a cada 4 min, e o tempo de retenção hidráulica é de 51min e 30 segundos.

O processo físico-químico é controlado por um Controlador Lógico Programável (CLP), que comanda os inversores de frequência e um medidor de vazão. Este é colocado em linha, e mantém uma cadência de 14,95 m<sup>3</sup>/h, pois 0,05 m<sup>3</sup>/h é perdido na forma de umidade do lodo.





#### 4.2. Processo de Tamisação Molecular – PTM

O efluente do processo físico-químico que verte do decantador passa por gravidade no filtro de sacrifício e é bombeado, por motobomba de 3,0 cv, para o filtro de areia. O permeado do filtro de areia é bombeado, por motobomba de 3,0 cv, para a ultrafiltração. A microfiltração, o filtro de areia e a ultrafiltração estão em série, e trabalham com uma cadência de 0,93 m<sup>3</sup> a cada 4 min, e um tempo de retenção hidráulica para passagem de 1 min. Esses têm a função de preparar a massa líquida para a Nanofiltração.

O filtro de sacrifício e o filtro de areia são duplicados para que, durante o processo de limpeza, a filtração não seja interrompida. O sistema de ultrafiltração é de fluxo único e, à medida que retém as partículas, aumenta a colmatção das fibras. Quando a pressão chega no limite de operação, uma corrente de ar em contrafluxo é usada para soltar as partículas das fibras ocas e, posteriormente, uma corrente de água (efluente tratado) é usada para limpar as membranas, recuperando os níveis normais da pressão de operação. O sistema de ultrafiltração tem um conjunto sobressalente para que a filtração não seja interrompida durante a lavagem da membrana. O efluente da lavagem das membranas de ultrafiltração é encaminhado para a lagoa de chorume, cujo volume não deve ser maior que 400 litros/dia. O efluente permeado da ultrafiltração é bombeado, por motobomba de 3,0 cv, para o reservatório da Nanofiltração com volume de 30m<sup>3</sup>, confeccionado em fibra de vidro. Ele tem a função de pulmão, para poder suportar as variações de cadência.

A Nanofiltração é composta por cinco conjuntos independentes. Cada conjunto tem duas motobombas de 5 cv e a pressão de trabalho de 300psi, com oito vasos que comportam seis membranas cada. Para a lavagem das membranas, temos um revezamento. Quatro conjuntos estarão sempre em operação, além de um quinto conjunto em processo de lavagem que utiliza uma motobomba de 1,0 cv. Um sistema automático, pneumático, com ar suprido por um compressor (CPS) de 10 cv, dotado de proteção acústica, executa a manobra de lavagem, alternando os conjuntos em operação. O efluente permeado dá origem ao efluente tratado, correspondendo a 70% do volume de 13,95 m<sup>3</sup>/h de entrada, ou seja, 9,765 m<sup>3</sup>/h. O retentado dá origem ao produto secundário, correspondendo a 30%, ou seja, 4,185 m<sup>3</sup>/h.

O volume do retentado de 4,185 m<sup>3</sup>/h passa em uma Osmose Reversa para Extração de Água (OREA). Neste, 60% do volume (ou 2,511 m<sup>3</sup>/h) segue para Eletrodialise. A motobomba da OREA é de 7,0 cv e a pressão de trabalho de 600 psi.

O tempo de tratamento não é alterado, pois a OREA trabalha em paralelo ao tratamento subsequente. O retentado da OREA, que corresponde a 40% do volume (ou 1,674 m<sup>3</sup>/h), é encaminhado para o reservatório do concentrador de produto secundário. O concentrador (CCT) é um secador a vácuo, construído em aço inox 316, com bomba a vácuo de 5 cv, motobombas de 7 cv e energia térmica solar a baixa temperatura (60°C), que adequa a concentração do produto secundário para viabilizar o envio aos fabricantes de fertilizante.







#### 4.3. Processo de Osmose Reversa - POR

O efluente permeado do PTM (9,765 m<sup>3</sup>/h) segue para o Processo de Osmose Reversa (POR) para produção de água tratada. O POR é composto por um conjunto com duas motobombas de 7,0 cv e pressão de trabalho de 600psi, com oito vasos que comportam seis membranas cada. O permeado da nanofiltração cai numa caixa de 2m<sup>3</sup>, confeccionada em polipropileno, que alimenta as bombas do POR. O Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) é de 12 min na caixa de 2m<sup>3</sup>, e de 30 segundos na membrana de osmose reversa, sendo a cadência de 0,651 m<sup>3</sup> a cada 4 min. O permeado é água tratada, que corresponde a 90% do volume de entrada no POR (8,788 m<sup>3</sup>/h) e o retentado de 0,977 m<sup>3</sup>/h segue para o PED, somado ao volume do permeado da OREA de 2,511 m<sup>3</sup>/h.

#### 4.4. Processo de Eletrodiálise - PED

O PED extrai o N-amoniaco do efluente para atender ao Conama 430/11 e o Decreto Estadual 8468/76 nos artigos 18 e 19a. O PED é composto de dois sistemas de eletrodiálise em série. O primeiro é um tanque de elevação de pH, com volume de 5 m<sup>3</sup>, confeccionado em polipropileno (PP). Uma bomba de diafragma, com pHmetro, dosa soda cáustica de modo a deixar o pH adequado, e o efluente basificado é bombeado, com moto bomba de 2 cv, para o 1º módulo de troca catiônica. A amônia é introduzida na solução de ácido sulfúrico, que está num IBC (contêiner intermediário) de 1000 litros, por meio de Venturi, e uma bomba com pHmetro mantém a solução ácida. O efluente do primeiro módulo de eletrodiálise tem concentração de 100 mg/l de N-amoniaco. Ele tem seu pH elevado no segundo tanque, de 5 m<sup>3</sup> em PP, passando pelo segundo módulo de eletrodiálise, e deste o efluente sai com 16 mg/l de N-amoniaco. Quando o IBC de solução de ácido sulfúrico estiver com a metade de seu volume, com sais de sulfato de amônia precipitado, será trocado por outro IBC. Para uma vazão de tratamento de chorume de 350 m<sup>3</sup>/dia, deve ocorrer uma troca a cada 2 meses. O sulfato de amônia será comercializado para o mercado de fertilizante. O efluente que sai do segundo módulo de eletrodiálise vai para o tanque de correção de pH, de 5 m<sup>3</sup> em PP. Ácido clorídrico é dosado com bomba datada de pHmetro, a fim de garantir o pH do efluente final. Os volumes de entrada no PED são o retentado do POR, de 0,977 m<sup>3</sup>/h, e o permeado da OREA, de 2,511 m<sup>3</sup>/h, que quando somados resultam em 3,488 m<sup>3</sup>/h, ou uma cadência de 0,232 m<sup>3</sup> a cada 4 min. O TRH, devido aos 3 tanques de 5 m<sup>3</sup>, é de 260 min, e o TRH, nos módulos de eletrodiálise, é de 2 min. O PED é controlado por um CLP e dotado de sensores de pressão e vazão. O efluente final do PED é Água de Reuso.







## 5. Considerações finais

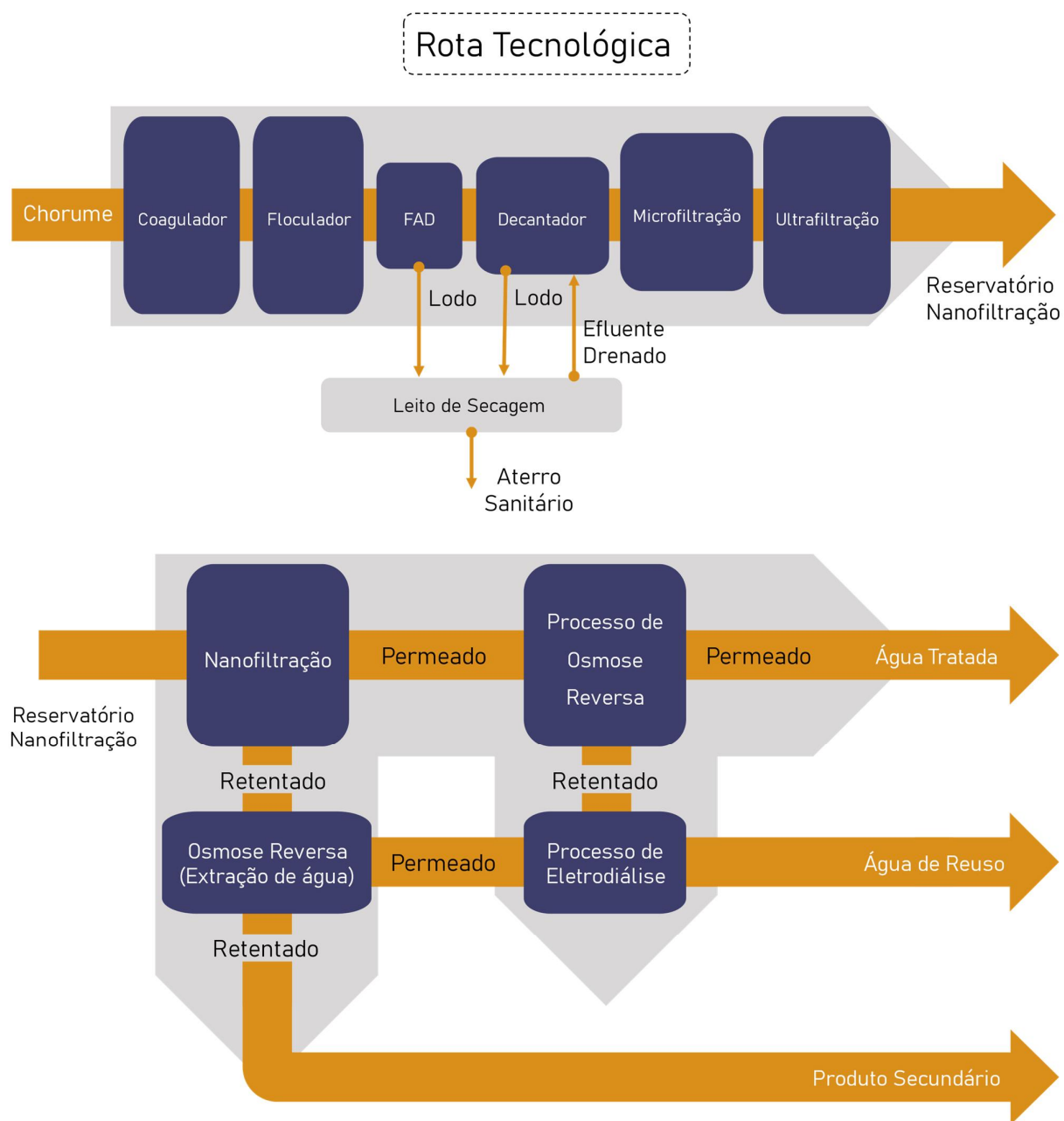
A Política Nacional de Resíduos Sólidos tornou obrigatório os aterros sanitários para destinação final dos resíduos sólidos urbanos (RSU), e nestes locais o chorume é drenado e coletado. O chorume coletado deve ser tratado obrigatoriamente para um descarte que não provoque contaminações.

O processo de tratamento de chorume escolhido pela URBAM mitiga os riscos ambientais representados pelo chorume de aterros sanitários, satisfaz a legislação ambiental e não produz passivos ambientais para posterior solução. O lodo produzido não lixivia, não contribui para formação de mais chorume, não depende de sistemas biológicos, tem alta tecnicidade, é monitorável remotamente, compacto e robusto.

Os processos Físico-químico, Tamisação Molecular, Osmose Reversa e Eletrodialise foram desenvolvidos ao longo dos últimos 15 anos, e quebram os paradigmas de tratamento de chorume comumente utilizados.

O produto secundário fecha o ciclo do nitrogênio, no qual a digestão da matéria orgânica presente nos RSU gera os produtos secundários com uso na indústria de fertilizante. Este nitrogênio biodisponível retorna à agricultura para fazer parte da constituição de novas plantas, substituindo o nitrogênio petroquímico, promovendo a descarbonização, diminuição da emissão de gases de efeito estufa e trazendo os benefícios da economia circular.





**Figura 6 – Rota Tecnológica**

## 6. Balanço Mássico

### Balanço Mássico

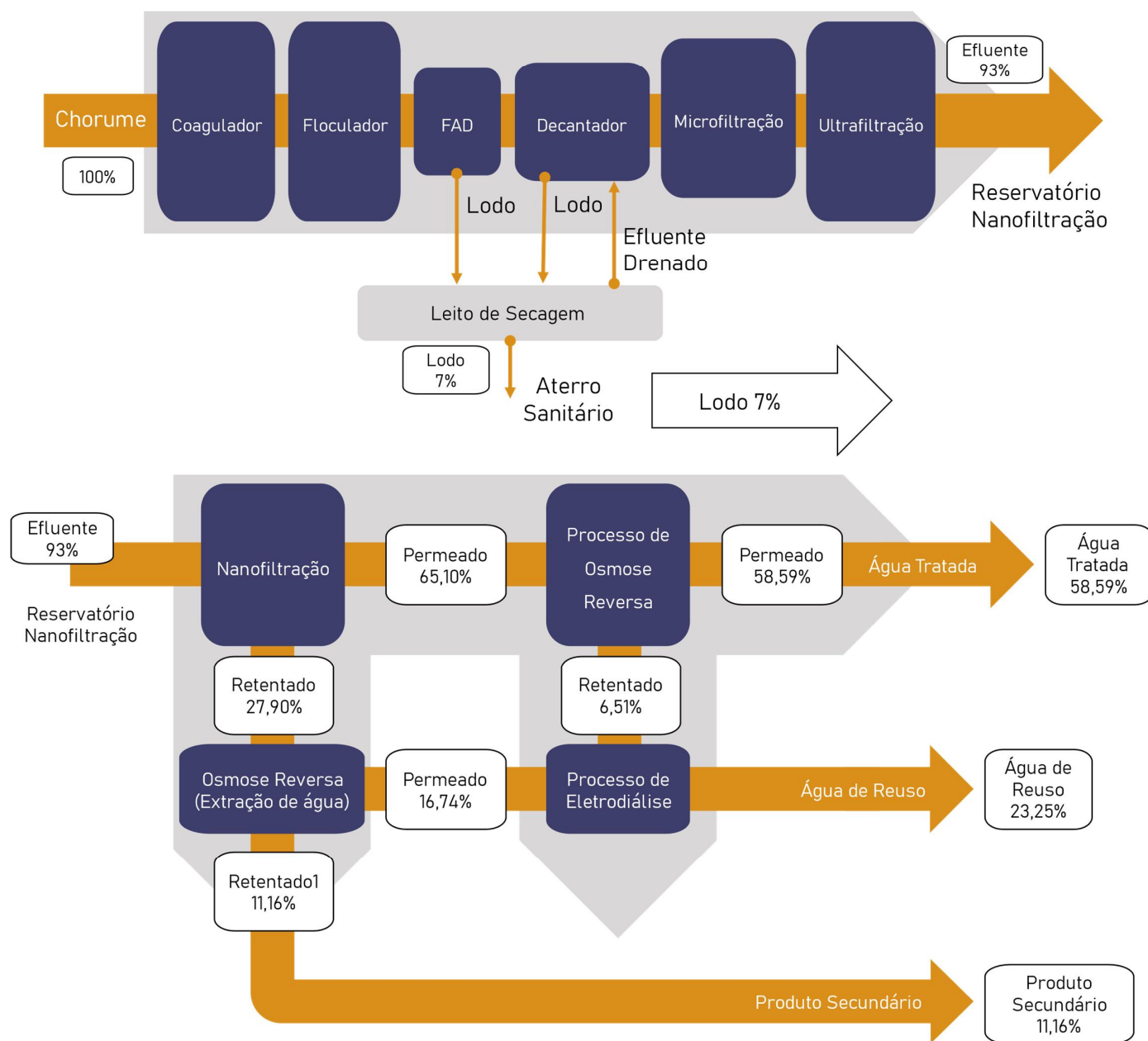


Figura 7 – Balanço Mássico