

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURSO INTERNACIONAL DE PISCINAS E PARQUES AQUÁTICOS – UCCW

ELEMENTO FILTRANTE ZEÓLITA NATURAL (COM ÊNFASE NO TIPO CLINOPTILOLITA PARA FILTRAÇÃO DE ÁGUAS DE PISCINAS)

Ricardo Cimas - Praia Grande – SP - Agosto de 2022

Introdução

A ideia de falar sobre o elemento filtrante zeólita partiu primeiramente do Cimas consumidor, pois motivado pelas propostas apresentadas nas propagandas do produto, em pouco tempo a zeólita natural clinoptilolita já estava presente nos filtros de algumas piscinas que cuido. Devo lhes admitir, ela superou minhas expectativas. Tanto que despertou minha curiosidade para estudar um pouquinho sobre ela, e perceber que a maioria das informações presentes no mercado nacional (das zeólitas voltadas para uso em piscinas) eram de forma comercial, sem referências bibliográficas com base em publicações científicas, e mesmo com todas estas dificuldades, ainda havia cruzamento entre as informações disponíveis.

A pesquisa redeu algumas dezenas de páginas sobre a minha querida Lolita, “como é conhecida entre os mais íntimos” que em prevê estará disponível na sua totalidade. Porém, visando não deixar o material muito denso, separei alguns pontos para compor esse TCC.

1. O que é a zeólita?

É um mineral de origem sedimentar vulcânica, onde a magma se solidifica de forma intrusiva no interior da Terra, com a formação de agrupamentos de rochas (MACEDO, 2019).

2. Origem da palavra

Zeólita é um termo de origem grega (zein = ferver + lithos = pedra). Elemento que possui uma característica muito interessante de borbulhar quando imerso em água.

O mestrando Ângelo Lucas Sobrinho (@cienciadazeolita) publicou em seu perfil um dado superinteressante! No Brasil, de acordo com o Censo Demográfico 2010, existem cerca de 38 pessoas registradas com o nome Zeólita.

O dado está disponível no link abaixo, no site Nomes no Brasil do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

<https://censo2010.ibge.gov.br/nomes/#!/search/response/96>

3. Zeólita natural clinoptilolita

Atualmente 75% dos minerais presentes nas zeólitas naturais são constituídas do tipo Clinoptilolita e Mordenita. E em menor quantidade temos o “Quartzito” e “Feldespató” (MACEDO, 2019).

- Tipo Clinoptilolita - $(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca})_{2-3} \text{Al}_3(\text{Al}, \text{Si})_2 \text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
- Tipo Mordenita - $(\text{Ca}, \text{Na}_2, \text{K}_2) \text{Al}_2\text{Si}_{10}\text{O}_{24} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

A clinoptilolita é um dos tipos mais comuns de zeólita natural. Este tipo de zeólita tem como principais cátions trocadores o: sódio, potássio, cálcio e magnésio (CALABRIA, DI SERIO, MARTINS, VIEIRA, NETO, 2020).

Devido a estrutura tridimensional, a zeólita clinoptilolita apresenta algumas propriedades físicas interessantes, como dureza média de 4 a 5 mohs, área superficial de 40 a 60 $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ e densidade aparente de 0,90 a 0,98 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$. A

associação de dureza elevada, grande área superficial e baixa densidade aparente, fazem da zeólita clinoptilolita um excelente meio filtrante granular, capaz de reter partículas com até 5,0 μm de diâmetro médio, o que lhe garante elevada eficiência na remoção de sólidos em suspensão que promovem turbidez e cor em águas naturais. A título comparativo, materiais como areia e carvão antracitoso captura partículas com diâmetro médio de até 40 e 20 μm , respectivamente (CELTABRASIL, 2022).



Imagens da zeólita natural clinoptilolita em 3 granulometrias diferentes.

Fonte: ZEOCEM, 2022

4. Mecanismos de funcionamento

Antes de abordarmos os mecanismos de funcionamento da zeólita, é muito importante sabermos que, muitos parâmetros podem influenciar o processo de sorção/remoção de íons do tratamento de água: condutividade, pH, temperatura da água a ser tratada, força iônica, concentração inicial de cátions e ânions em solução, massa de zeólita, tamanho de partícula de zeólita são todos parâmetros importantes (MARGETA, LOGAR, ŠILJEG, FARKAS, 2013).

Basicamente as zeólitas funcionam por 3 mecanismos distintos, são eles: adsorção, troca catiônica e barreira física. Vejamos cada um destes mecanismos:

4.1 Alta eficiência de adsorção

Adsorção: é o processo pelo qual átomos, moléculas ou íons são retidos na superfície de sólidos através de interações de natureza química ou física. Ligando uma substância à uma superfície (CALABRIA, DI SERIO, MARTINS, VIEIRA, NETO, 2020).

A zeólita promove ADSORÇÃO dos cátions e água – ela NÃO promove aBsorção, e sim apenas aDsorção (CALABRIA, DI SERIO, MARTINS, VIEIRA, NETO, 2020).

Definições de “aBsorção e aDsorção”

Absorção: o ato de aBsorver refere-se à ação de recolher, por exemplo, uma esponja absorve água, mas o líquido sai facilmente quando ela é espremida, o que não ocorre com a adsorção.

Adsorção: na aDsorção, as moléculas ou íons de uma substância ficam retidos (fixados) na superfície de sólidos por interações químicas e físicas.

O processo de adsorção é um fenômeno de superfície, definido como uma operação de transferência de massa, na qual sólidos concentram sobre sua superfície determinadas substâncias existentes em fluidos líquidos ou gasosos, possibilitando a separação dos componentes desses fluidos. (ANDRADES, 2018). A adsorção pode ser classificada como física ou química. A primeira envolve interação entre a espécie que se acumula na interface sólido/fluido (adsorvato) e a superfície sólida (adsorvente) na qual adsorvato se acumula, mediante ligações de Van der Waals, enquanto a segunda implica na formação de ligação química com transferência ou compartilhamento de elétrons (ANDRADES, 2018). Na tabela abaixo temos um resumo entre adsorção física e química.

Tabela 2: Características da Adsorção Física e Química

Adsorção Física	Adsorção Química
Baixa entalpia de adsorção (< 20 kcal/mol)	Alta entalpia de adsorção (> 20 kcal/mol)
Formação de monocamada ou multicamadas	Somente formação de monocamada
Reversível	Irreversível
Ligações de Van der Waals	Formação de ligações químicas

Fonte: (ANDRADES, 2018).

A adsorção ocorre por meio de ligações fracas (ligações de Van Der Waals), de forma que os íons são retidos na superfície do mineral. Com isso possibilita a remoção de alguns gases, vapores etc.

Sua alta eficiência de adsorção de contaminantes ocorre graças à enorme área de superfície do mineral (100 kg de zeólita oferece área externa de mais de 3 milhões de m² e área interna de 60 milhões de m²) (ZEOCEM, 2022).

A alta eficiência de adsorção das zeólitas está relacionada com a grande superfície interna, devido sua estrutura cristalina ser caracterizada por cavidades espaçosas, por exemplo o tipo Mordenita tem S.I. (superfície interna) = 400 m²/g e a tipo Clinoptilolita S.I. (superfície interna) = 300 m²/g. A Mordenita adsorve cerca de 47 a 120 mL/g de SO₂ (MACEDO, 2019).

A nível de conhecimento é possível através da “Isoterma de Adsorção” (realizados em temperaturas constantes) processo em que uma massa de adsorvente é adicionada a um determinado volume de uma série de soluções com concentrações iniciais de soluto diferentes e conhecidas. Quando o equilíbrio da adsorção é atingido, determina-se a concentração final de soluto na solução em equilíbrio (C_e) e a capacidade de adsorção do adsorvente (q_e). Depois separa-se a solução do adsorvente (mediante centrifugação, filtração), e assim o C_e pode ser determinado mediante técnicas analíticas, como cromatografia gasosa ou líquida, espectrometria no ultravioleta ou visível,

espectrofotometria de absorção atômica, entre outros. Assim obtém-se um gráfico de q_e versus C_e . Assim como, também é possível calcular através de uma equação termodinâmica [energia livre de sorção de Gibbs aparente (ΔG°)], a energia livre de Gibbs padrão para que ocorra de forma espontânea a adsorção de íons pela zeólita natural (ANDRADES, 2018).

A tabela abaixo mostra os valores calculados de energia livre de Gibbs para vários íons diferentes adsorvidos a zeólitas naturais (CLI) e modificadas (CLI-m). As referências dos resultados estão presentes no (MARGETA, LOGAR, ŠILJEG, FARKAS, 2013):

zeólita natural	Íons	ΔG°
CLI	Fe^{3+}	-16,98
CLI modificado	Como (V)	-18,14
CLI	NH_4^+	-19,52
CLI modificado	Cu^{2+}	-29,3
CLI	Pb^{2+}	-6,86
CLI modificado	Mn^{2+}	-9,8

Fonte: (MARGETA, LOGAR, ŠILJEG, FARKAS, 2013).

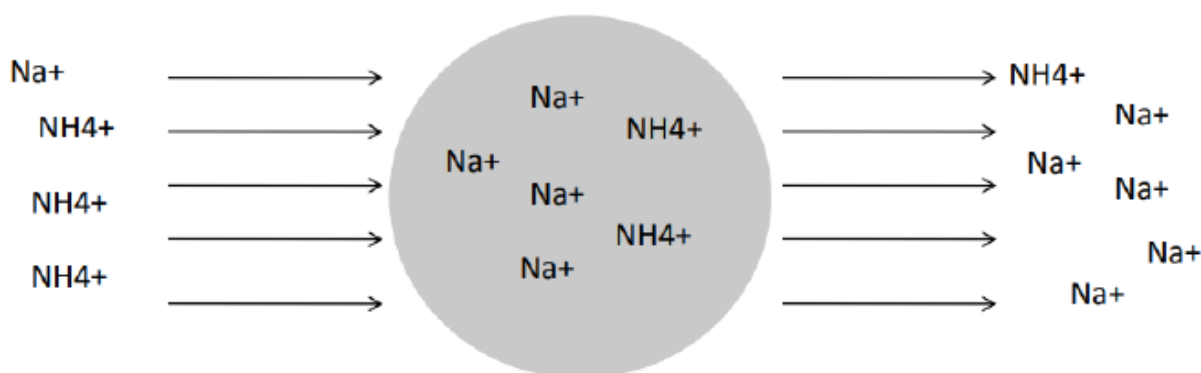
4.2 Troca Catiônica

A substituição do Si pelo Al que vai definir a carga negativa da estrutura da zeólita, que é compensada por cátions de metais alcalinos e alcalino-terrosos (principalmente sódio, potássio, magnésio e cálcio). Portanto, os zeólitos naturais aparecem como trocadores de cátions porque possuem carga negativa na superfície (MARGETA, LOGAR, ŠILJEG, FARKAS, 2013).

A grande capacidade de troca catiônica das zeólitas deve-se ao desequilíbrio de cargas que atraem o cátion mais próximo, de maneira a manter a neutralidade. A propriedade de troca catiônica da zeólita é em função da relação Si e Al. (MACEDO, 2019). E desta forma ela libera principalmente os íons de sódio, cálcio, magnésio e potássio, e capturam cátions mono (X^+) e bivalentes (X^{2+}) presente no meio, por exemplo os íons amônio (NH_4^+).

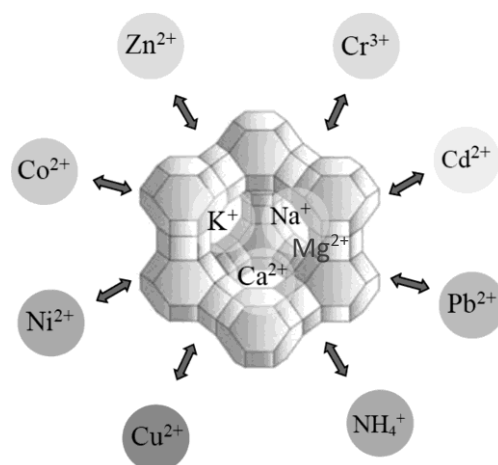
A substituição iônica e de troca catiônica admite que os cátions se substituam de maneira livremente, um pelo outro, sendo que a única restrição está no balanço das cargas, então se tivermos 2 cátions de sódio ($2 Na^+$), este pode substituir 1 cátion de cálcio ($1 Ca^{2+}$) (CALABRIA, DI SERIO, MARTINS, VIEIRA, NETO, 2020).

➤ Princípio de funcionamento:



Fonte: AUDI, 2022 - Substituição iônica entre NH_4^+ (amônio) e Na^+ (sódio).

O processo de troca iônica é caracterizado pela capacidade, seletividade e cinética da troca. A capacidade é determinada através das isotermas de equilíbrio como visto acima, e os modelos cinéticos para determinar os coeficientes de difusão da troca iônica. Onde a capacidade de troca catiônica de diferentes materiais zeolíticos é operacionalmente definido por um coeficiente de difusão de troca iônica (CEC). Em outras palavras, o CEC determina a quantidade de cátions que pode ser removido por uma substância específica quando o material (zeolitos) e a solução se igualam (MARGETA, LOGAR, ŠILJEG, FARKAS, 2013).



Na tabela abaixo temos o CEC (meq/g zeólita) de diferentes materiais zeolíticos:

Zeólito	Razão Si/Al	*CEC, meq/g zeólita
Analcime	1,4 - 3,0	4,5
Chabasita	1,4 - 4,3	3,7
Clinoptilolita	2,7 - 5,7	2,2
Erionita	2,3 - 3,4	3,1
heulandita	4,0 - 6,1	3,2
Laumontita	1,3 - 3,3	4,3
Mordenita	4,17 - 5,0	2,3
Phillipsite	1,7 - 3,3	3,9
Natrolite	1,5	5,2

A seletividade dos zeólitos em relação a cátions e ânions é uma propriedade importante no processo de tratamento de água. A seletividade é uma propriedade do trocador de mostrar diferentes preferências para íons particulares e depende da intensidade do campo no poro da zeólita. Zeólitas com baixa intensidade de campo e com maior teor de Si, como a **clinoptilolita**, são mais seletivas para cátions com menor densidade de carga (K^+ , NH_4^+ , Ag^+ , Cs^+). Zeólitos com alta intensidade de campo, ou seja, maior teor de Al, são mais seletivos em relação aos cátions de alta densidade de carga (Na^+ , Li^+) (MARGETA, LOGAR, ŠILJEG, FARKAS, 2013).

Embora a zeólita possua a capacidade de realizar troca catiônica, existe uma ordem de seletividade (ordem de preferências por cátions ou moléculas) que a zeólita possui em função do raio atômico e peso molecular. Essa ordem de seletividade pode mudar com temperatura, pH e concentração da solução. Exemplo de ordem de seletividade típica da zeólita clinoptilolita: Metais Alcalinos > Nitrogênio Amoniacal > Metais Alcalinoterrosos > Demais metais (CALABRIA, DI SERIO, MARTINS, VIEIRA, NETO, 2020).

Se a solução contém diferentes íons de mesma carga, a seletividade aumenta com o aumento do número atômico (Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+). A seletividade da clinoptilolita para metais alcalinos existe na sequência: $\text{Cs}^+ > \text{K}^+ > \text{Rb}^+ > \text{Na}^+ > \text{Li}^+$, e os metais alcalino-terrosos: $\text{Ba}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$. A seletividade da clinoptilolita para íons de metais pesados (cátions) existe na série: $\text{Pb}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Cr}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Hg}^{2+}$ e seletividade por ânions existe na série: $\text{SO}_4^{2-} > \text{I}^- > \text{NO}_3^- > \text{HCrO}_4^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^- > \text{OH}^-$ (MARGETA, LOGAR, ŠILJEG, FARKAS, 2013).

A ordem de seletividade para os principais metais é a seguinte: $\text{Cs} > \text{Rb} > \text{K} > \text{NH}_4^+ > \text{Ba} > \text{Sr} > \text{Na} > \text{Fe} > \text{Al} > \text{Mg} > \text{Li}$ (AUDI, 2022).

Segundo (CELTABRASIL, 2022) de modo geral a capacidade total de troca da zeólita natural tipo clinoptilolita é de até:

$$1,57 \text{ mEq.g}^{-1}$$

Embora o nitrogênio amoniacal seja uma molécula, este possui carga catiônica e diâmetro compatível com os metais, desse modo a zeólita também é capaz de captura-lo (AUDI, 2022).

Nos Estados Unidos a redução de amônia em várias plantas de tratamento de efluentes, chega a ordens de 15 ppm para 2 ppm, cerca de 87% de redução (detalhe esta amônia retirada é utilizada na agricultura). Muitos metais tóxicos como: Cádmio, Chumbo, Arsênio também são retirados com a utilização da zeólita (LUZ, 1995).

Segundo (MARGETA, LOGAR, ŠILJEG, FARKAS, 2013), os processos de troca iônica e adsorção na zeólita natural ocorrem concomitantemente ao

processo de hidrólise em soluções aquosas. A determinação da atividade hidrolítica e estabilidade das zeólitas de acordo com estudos anteriores mostrou um aspecto muito importante das aplicações tecnológicas, e a atividade hidrolítica indica a estabilidade química. O processo de hidrólise é uma reação após o processo de troca iônica. Compreender e estudar a hidrólise da zeólita é de grande importância para entender as propriedades da zeólita.

4.3 Barreira Física

Devidos os espaçamentos presentes entre os grãos, essa característica atua como uma peneira, retirando partículas em suspensão e consequentemente reduz a turbidez da água.

As zeólitas devido seus poros altamente cristalinos, é considerado uma peneira molecular. Pois as cavidades são de dimensões moleculares, de modo que, ao passar as águas, moléculas maiores permanecem e as menores seguem seu curso.

A captura de sólidos dentro do filtro ocorre principalmente pelo mecanismo de retenção mecânica de sólidos devido a sobreposição de camadas granulares que proporcionam poros de captura ao longo do leito, aja vista que a filtração possui sentido vertical descendente sobre pressão para filtro do tipo aberto ou fechado. Além do efeito mecânico de retenção dos sólidos, há também um pequeno efeito eletrostático entre os sólidos suspensos e o leito de zeólita, que também contribui para o processo de filtração (CELTABRASIL, 2022).

A eficiência dos elementos filtrantes pode ser determina através de “Testes de Eficiência de Retenção de Partículas”, ele determina o tamanho das partículas que o elemento filtrante é capaz de reter. Esta retenção é expressa em milésimos de milímetros (ou μm). Através destes testes se obtém classes de eficiência (MACEDO, 2019).

CLASSES DE EFICIÊNCIA (conforme o poder de retenção)

- P-1 = 0,5 a $< 1 \mu\text{m}$
- P-2 = 1 a $< 5 \mu\text{m}$
- P-3 = 5 a $< 15 \mu\text{m}$
- P-4 = 15 a $< 30 \mu\text{m}$

- P-5 = 30 a < 50 μm
- P-6 = 50 a < 80 μm

Por exemplo: a CELTABRASIL disponibilizou resultados técnicos dos testes de retenção de partículas. Os testes foram realizados pelo CCDM (Centro de Caracterização de Desenvolvimento de Materiais – localizado no DEMMa/UFSCar – Departamento de Engenharia de Materiais/Universidade Federal de São Carlos, em 2008 (MACEDO, 2019).

Tabela de retenção – Filtro de fibra/inox Filtrali Meio Filtrante: Watercel 0410 (granulometria de 0,4 a 1 mm) – MET092253

Canal (μm)	Retenção 1 ^a Coleta	Retenção 2 ^a Coleta	Retenção 3 ^a Coleta
5,00 – 15,00	87,7%	88,4%	80,0%
15,00 – 30,00	92,5%	95,9%	94,2%
30,00 - 50,00	100%	100%	100%
Fonte: DEPTO. TÉCNICO CELTABRASIL, 2018.			

Os resultados mostram que o elemento filtrante foi classificado na classe 3, reduzindo mais de 85% das partículas na faixa de **5,00 a 15,00 μm** (resultado obtido de um único filtro/aparelho). Taxa filtração foi de 32 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ (32 m/h) e a altura de leito foi de 800 mm.

Nota do autor: o elemento filtrante utilizado no ensaio não é o mesmo comercializado pela CELTABRASIL para o seguimento de piscinas, que é a zeólita natural (CELPOOL) que possui granulometria de 1 a 3 mm (granulometria recomendada para uso em piscinas), a utilizada no ensaio é a **Watercel ZN 0410, com granulometrias de 0,4 a 1 mm.**

Comparada com outros meios filtrantes convencionais como areia e quartzo, a zeólita natural clinoptilolita, apresenta maior capacidade de retenção de sólidos utilizando cerca de 30% a 50% menos de material no filtro (a depender da sua granulometria), em função da menor densidade aparente. (CELTABRASIL, 2022).

5. Notas complementares:

A nível de conhecimento, a areia tradicional: areia sílica, livre de carbonatos, terra e vegetais têm granulometria de #20, o que faz com que suas dimensões variem de 0,4 a 0,55 mm e seu coeficiente de uniformidade seja inferior a 1,75 (MAIERÁ, 2021).

A zeólita tem um peso a granel menor e dimensões maiores (de 1 a 3 mm). Com isso cerca de 75% do peso convencional da areia do filtro é suficiente, para o uso da zeólita.

A areia tradicional possui capacidade de retenção de partículas de dimensões iguais ou superiores a 40 micra, podendo reter partículas menores, à medida que o filtro vai ficando sujo, mas isto ocorre com a concomitante redução da vazão no sistema (MAIERÁ, 2021). A grosso modo, pode-se afirmar que a areia filtra no intervalo de 20 a 40 micras, o vidro reciclado moído ou vidro moído incolor no intervalo de 3 a 5 micras, as esferas de polímeros no intervalo de 3 a 5 micras, e o OC-1 na ordem de 10 micras (MAIERÁ, 2021).

A altura mínima do meio filtrante (areia) dentro do filtro, deve ser de 60 cm. Alturas menores do meio filtrante necessitam de taxas de filtração menores (MAIERÁ, 2021).

A taxa de filtração da areia: sugestão de especificação: de 37 a 42 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$. E a taxa de retrolavagem (areia): são recomendados para uma eficiência de retrolavagem, taxas maiores que 37 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ (MAIERÁ, 2021). A expansão deve ser no mínimo 20%, e, se possível, de 35%. Estas expansões devem existir entre o meio filtrante e a parte superior do filtro no mínimo 35% da altura do meio filtrante (MAIERÁ, 2021).

A atenuação de cloraminas na água da piscina é feita apenas pela zeólita (por meio de troca iônica), apesar de fabricantes de outros meios filtrantes afirmarem que elas diminuem a cloramina na água. (MAIERÁ, 2021). A zeólita realiza três métodos de filtração durante a filtração da água - microfiltração, macrofiltração e troca iônica.

Comparação:

	Zeólita	Areia	Vidro
Macrofiltração	Sim	Sim	Sim
Microfiltração	Sim	Não	Sim
Troca iônica	Sim	Não	Não

Fonte: ZEOCEM, sd.

6. Zeólitas naturais para remoção de protozoários

A *Giardia* e cistos *Cryptosporidium* possuem dimensões de aproximadamente, de 8 a 18 µm de comprimento, de 5 a 15 µm de largura e 4 a 6 µm de diâmetro. Sendo assim possíveis suas remoções por filtração devido seus tamanhos (MACEDO, 2019).

Os filtros com retenção de 3 a 5 µm podem reter micróbios, como muitas bactérias e protozoários, o que constitui uma grande vantagem. O *Cryptosporidium parvum*, patogênico muito resistente ao CRL (ácido hipocloroso), possui medidas de aproximadamente 5 µm, e, portanto, podem ser retidas nestes filtros (com zeólita) (MAIERÁ, 2021).

O quadro abaixo apresenta o tamanho aproximado de alguns microrganismos de interesse, em saúde pública, encontrados nos recursos hídricos superficiais (MACEDO, 2019).

Organismo	Modelo	Tamanho aproximado (µm)
Vírus entéricos	Bacteriófago MS2	0,025
Bactérias coliformes	<i>Escherichia coli</i>	1-3
Oocistos	<i>Cryptosporidium parvum</i>	3-8
Cistos	<i>Giardia muris</i>	7-14

Fonte: DE LUCA, MONTEGGIA, 2003.

Os pesquisadores Ferronato, Vianello e Antisari, apresentaram um estudo em 2014 na conferência Internacional sobre zeólita (ZEOLITE, 2014) em Belgrado/Sérvia, com o título: “Das águas residuais à água de irrigação: adsorção de poluição microbiana, NH_4^+ e metais pesados através de um fluxo laminar de leito de clinoptilolite”.

Os microrganismos podem ser aprisionados na estrutura da zeólita pela formação de complexos entre os microrganismos e a fase mineral, interações de

Van der Waals, pontes de hidrogênio (ligações de hidrogênio) ou pontes de íons (ZEOLITE, 2014). Levando em consideração este mecanismo de atuação, eles escolheram a zeólita natural clinoptilolita. O estudo testou sua capacidade de desintoxicar e despoluir as águas residuais de uma antiga estação de tratamento de resíduos.

7. Remoção de amônia

A ordem de seletividade da zeólita natural tipo clinoptilolita, segundo Martins Neto e Di Serio (2015) para os principais metais é a seguinte: Cs > Rb > K > NH_4^+ > Ba > Sr > Na > Fe > Al > Mg > Li (CELTABRASIL, 2022).

A zeólita natural tipo clinoptilolita pode ser usado como um trocador de íons para a remoção de íons de amônio (ZEOLITE, 2014).

Na mesma pesquisa mencionada anteriormente, os pesquisadores Ferronato, Vianello e Antisari, apresentaram um estudo em 2014 na conferência Internacional sobre zeólita (ZEOLITE, 2014) em Belgrado/Sérvia, com o título: “Das águas residuais à água de irrigação: **adsorção de poluição de NH_4^+** , através de um fluxo laminar de leito de clinoptilolite”. A zeólita natural clinoptilolita utilizada neste estudo é comercializada pela ECOLIN srl e possui a seguinte composição elementar: 71,3% SiO_2 , 13,1% Al_2O_3 , 5,2% CaO , 3,4% K_2O , 1,9% Fe_2O_3 , 1,2% MgO , 1,3% Na_2O , 0,3 % TiO_2 . As águas residuais foram recolhidas da estação de águas residuais de Calderara di Reno (Bolonha, IT), uma antiga estação de tratamento de resíduos que descarrega a água num canal artificial de recuperação cuja água é utilizada para irrigação (ZEOLITE, 2014).

O método visa testar a eficiência das zeólitas para reduzir o teor de NH_4^+ .

O método foi realizado em um sistema artificial simplificado, onde diferentes quantidades de zeólita (20, 40, 50, 100g) foram colocadas em contato com 500 ml de água residual em um sistema estático por 24h. A análise da água foi realizada antes e após o tratamento durante as primeiras 24h. A detecção de NH_4^+ foi realizada pelo método colorimétrico utilizando kit Hach-Lange com espectrômetro DR3900 (ZEOLITE, 2014).

A tabela abaixo mostra os resultados obtidos.

		Before tr.	After tr.							
			20	40	50	100	20	40	50	100
			g:clinoptilolite/500mL				Removal, %			
NH ₄ ⁺	mg/L	13.9	1.99	1.58	1.07	1.02	85.68	88.63	92.3	92.66
Faecal coliform		177333	17750	10950	9800	9250	89.99	93.83	94.47	94.78
Escherichia coli	cfu/100mL	120333	11500	7450	6700	5850	90.44	93.81	94.43	95.14

A carga de poluentes orgânicos (NH_4^+) foi reduzida em mais de 90% quando a clinoptilolita foi utilizada na proporção de água de 1:10.

A remoção de amônia, é uma característica muito importante para a área de piscinas. Pois inibe de forma significativa a formação de cloraminas, principalmente a tricloramina, sendo essa um grande problema em piscinas, principalmente as cobertas devido sua volatilidade (MAIERÁ, 2021).

Os pesquisadores D. Munkhjargal, R. Ulambayar, J. Oyuntsetseg, L. Tsogtzandan, R. Lkhagvajav, apresentaram também um estudo de nome: “Remoção de íon amônio de solução aquosa por zeólita natural”, em 2014 na conferência Internacional sobre zeólita (ZEOLITE, 2014). O objetivo do estudo é investigar a remoção do íon amônio de solução aquosa usando clinoptilolita natural.

Os pesquisadores concluíram que com base nos resultados: “pode-se concluir que a zeólita natural clinoptilolita é adequada para a remoção de íons NH_4^+ em tratamentos de efluentes” (ZEOLITE, 2014).

Abaixo temos a composição química/física da zeólita natural tipo clinoptilolita (ZN), versão mais atualizada (07/06/2021).

Versão atualizada em 07/06/2021



 Member of 

Composição Química

Ensaio	Valor máximo	Valor mínimo	Ensaio	Valor máximo	Valor mínimo
Perda ao fogo	15,00%	7,00%	Na_2O	5,00%	0,00%
SiO_2	75,00%	62,00%	K_2O	5,00%	0,50%
Al_2O_3	15,00%	7,00%	MnO	0,50%	0,00%
Fe_2O_3	3,00%	0,50%	P_2O_5	0,50%	0,00%
TiO_2	0,50%	0,00%	ZnO	0,50%	0,00%
CaO	5,00%	0,50%	CuO	0,10%	0,00%
MgO	3,00%	0,00%			

*Análise Quantitativa por Espectrometria de Fluorescência de raios x

Composição Física

Análise	0,4 a 1,0 mm	1,0 a 3,0 mm	3,0 a 8,0 mm
Densidade Aparente	0,9 – 1,0 g/cm ³	0,9 – 1,0 g/cm ³	0,9 – 1,0 g/cm ³
pH	7 - 9	6 - 9	6 - 9
Coefficiente de Uniformidade	1 a 1,9 C.U		
Cor	Bege a Verde		
Umidade	≤ 6%		
Ponto de fusão	1000 a 1400 °C		

Fonte: CELTABRASIL, 2021.

A seguir temos a nível de comparação, a composição química/física da zeólita natural tipo clinoptilolita (CELPOOL), versão atualizada em (14/12/2020).

Produto a base de zeólita natural clinoptilolita, indicado para filtração em piscinas domésticas e públicas.

Composição Química

Ensaio	Valor máximo	Valor mínimo	Ensaio	Valor máximo	Valor mínimo
Perda ao fogo	15,00%	7,00%	Na ₂ O	5,00%	0,00%
SiO ₂	75,00%	62,00%	K ₂ O	5,00%	0,50%
Al ₂ O ₃	15,00%	7,00%	MnO	0,50%	0,00%
Fe ₂ O ₃	3,00%	0,50%	P ₂ O ₅	0,50%	0,00%
TiO ₂	0,50%	0,00%	ZnO	0,50%	0,00%
CaO	5,00%	0,50%	CuO	0,10%	0,00%
MgO	3,00%	0,00%			

*Análise Quantitativa por Espectrometria de Fluorescência de raios x

Composição Física

Análise	0,4 a 1,0 mm	1,0 a 3,0 mm	3,0 a 8,0 mm
Densidade Aparente	0,9 – 1,0 g/cm ³	0,9 – 1,0 g/cm ³	0,9 – 1,0 g/cm ³
pH	7 - 9	6 - 9	6 - 9
Coefficiente de Uniformidade	1 a 1,9 C. U		
Cor	Bege a Verde		
Umidade	≤ 6%		
Ponto de fusão	1000 a 1400 °C		

Fonte: CELPOOL, 2020.

Perguntado ao departamento técnico da CELTABRASIL, sobre a capacidade de remoção de metais da linha CELPOOL, a resposta foi:

A linha Celpool não é indicada para remoção de metais, para isso outro produto deve ser utilizado (produto modificado quimicamente). Entretanto, a zeólita do

tipo clinoptilolita natural também pode remover elementos catiônicos mono e bivalentes, mas em menor proporção. Um estudo piloto deve ser utilizado para avaliar essa remoção de ordem “quantitativa”. Segue sugestão de metais: Prata, Cobre, Níquel e Cobalto (Departamento técnico CELTABRASIL).

Quando o assunto é DT (dureza total). A zeólita clinoptilolita não possui alta eficiência na remoção de DT (dureza total = cálcio + magnésio) devido ao tamanho dos poros da zeólita e o raio hidratado desses elementos. É como se o elemento se tornasse muito “grande” e não coubesse nos poros ou cavidades. A tecnologia mais indicada para esse caso é o abrandamento (Departamento técnico CELTABRASIL).

8. Regeneração das zeólitas naturais tipo clinoptilolita

Considerando a constante busca por processos que promovam maiores eficiências com menores custos, a adsorção tornou-se uma alternativa atrativa para o tratamento de efluentes. Já se sabe que as zeólitas são capazes de realizar sorção por meio de troca iônica (ZEOLITE, 2014).

A zeólita, por meio de troca iônica, substitui o sódio por moléculas nitrogenadas e assim dificulta a formação das cloraminas. Segundo os fabricantes (de zeólita natural) de tempos em tempos o átomo de sódio deve ser regenerado por uma solução de cloreto de sódio (MAIERÁ, 2021).

Apesar do grande interesse na troca iônica utilizando zeólitas naturais do tipo clinoptilolita, ainda se têm poucos dados sobre sua regeneração.

A ZEOCEM da Iugoslávia por exemplo, instrui a regeneração da zeólita ZeoAqua para piscinas em seu site (<https://www.zeocem.com/en/products/enviro/zeoaqua-pools>).

A empresa não só apresenta o seu produto como um material renovável, como também instrui como realizar essa regeneração, veja a seguir.

Para manter essa qualidade, o elemento filtrante precisa ser regenerado por uma solução de sal a 10% (1 kg NaCl para 10 L de água). A zeólita deve ser mantida na solução por no mínimo 2 horas. Depois disso, o filtro regenerado é lavado e enxaguado como de costume e pode ser reutilizado para limpar e tratar a água da piscina. (site ZEOCEM - <https://www.zeocem.com/en/products/enviro/zeoaqua-pools>).

Mesmo o site não deixando claro a realização do procedimento, **sugestão do autor:** Primeiramente realizar a limpeza do elemento filtrante (retrolavar/lavar), posteriormente a solução de salmoura (10%) poderia ser introduzida dentro do filtro, via pré-filtro, com a válvula na posição pré-filtrar, desta forma a solução de salmoura será introduzida dentro do filtro, e a água presente dentro do filtro sairia via esgoto. Depois restaria seguir com o procedimento proposto pela ZEOCEM, mantendo a solução por no mínimo 2 horas dentro do filtro (em repouso), e depois disso, o filtro regenerado é lavado e enxaguado como de costume e pode ser reutilizado para limpar e tratar a água da piscina.

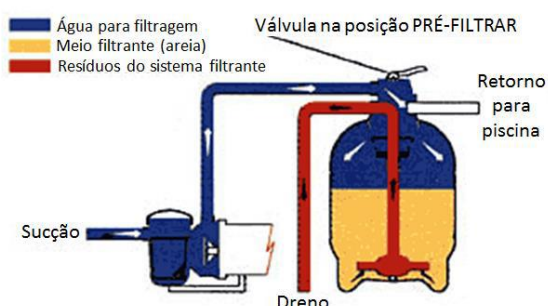


Ilustração do sistema pré-filtrar

Contudo, quando perguntado ao departamento técnico da CELTABRASIL sobre a possibilidade de regeneração com solução de salmoura da zeólita natural tipo clinoptilolita (CELPOOL). A resposta foi:

“Não se regenera!” No caso da regeneração, indica-se que o componente químico tenha algum elemento monovalente para ser feita a troca catiônica, por exemplo, pode-se utilizar produtos com Na^+ , K^+ (a depender do tipo de zeólita)”

Há relatos de fornecedores de zeólita no Brasil, instruindo seus usuários a regeneração com (Ca) utilizando um choque de hipoclorito de cálcio, com isso fui checar com o departamento técnico da CELTABRASIL. Segue a resposta:

“No caso do hipoclorito de cálcio, o trocador seria o Ca^{2+} , entretanto esse elemento não possui alta afinidade com a zeólita Clinoptilolita devido ao tamanho dos poros”.

9. Granulometria indicada para filtros de piscina

Estudos experimentais sobre o efeito do tamanho das partículas no desempenho de leitos fixos de zeólitas naturais, realizados M. A. Stylianou e V. J. Inglezakis. (ZEOLITE, 2014). Demonstram que ao diminuir o tamanho das partículas, o desempenho dos processos de adsorção e troca iônica é melhorado (HELFFERICH, 1995). No entanto, tamanhos de partículas pequenos resultam em alta resistência ao fluxo da coluna e devem ser evitados.

Sendo assim, tamanhos de partículas pequenas resultam em alta resistência ao fluxo da coluna e devem ser evitados. Verificou-se que partículas de tamanhos menores podem apresentar taxas mais baixas, devido a coeficientes de difusão efetivos mais baixos, resultantes de problemas estruturais ou entupimento de poros (INGLEZAKIS E GRIGOROPOULOU, 2004).

Normalmente as granulometrias variam de fabricante para fabricante, temos aqui as granulometrias existentes para a zeólita natural clinoptilolita de dois fabricantes: a CELTABRASIL com a Watercel ZN e a CELPOOL, e a ZEOCEM (da Iugoslávia) com a ZeoAqua.

Watercel ZN – tamanhos de grão de 0,4 a 1 mm / **1 a 3 mm** / 3 a 8 mm.

Celpool – tamanho de grão de **1 a 3 mm**

ZeoAqua - tamanhos de grão de 0,5-1 mm / 0,6-1,8 mm / 0,6-2,0 mm / **1-2,5 mm** / 2,5-5,0 mm / 4-8 mm / 8-16 mm / 16-32 mm.

Normalmente indica-se a zeólita 1 a 3 mm pois o sistema de filtração em piscinas é recirculação, assim a granulometria de 1 a 3 mm é suficiente para eliminação dos sólidos em suspensão existentes. Em sistemas de filtração maiores ou piscinas recreativas com alto uso de protetores solares, indica-se o CELPOOL 0,4 a 1 mm juntamente com o CELPOOL 1 a 3 mm para aprimorar a eficiência na retenção de particulados (Departamento técnico CELTABRASIL).

Outro ponto importante é que a CELTABRASIL, junto com a empresa Nautilus realizaram vários testes com granulometrias diferentes, com taxas de filtração diferentes, tamanho de filtros diferentes etc., e juntas chegaram à indicação da granulometria de **1 a 3 mm**.

10.A importância das taxas de filtração e retrolavagem

A taxa de filtração representa a velocidade com que a água passará pelo leito filtrante, obtida por:

$$\text{Vazão (m}^3/\text{h)} / \text{Área do filtro (m}^2\text{)} = \text{m / h}$$

Caso a taxa de filtração venha a ser muito alta, os contaminantes podem não ficar retidos no leito filtrante ou ocorrer o arraste dos mesmos (particulados ou metais insolúveis) (Departamento técnico CELTABRASIL).

Já a taxa de retrolavagem é a velocidade necessária para fluidificação do leito e eliminação de impurezas retidas entre os grãos. Também dado por:

$$Q / A$$

Altas taxas de retrolavagem podem provocar a perda de material filtrante, e baixas taxas de retrolavagem podem não ser suficientes para eliminação das impurezas retidas. Se isso ocorrer, o filtro poderá permanecer sempre “sujo” e a perda de carga no leito filtrante continuará elevada, ocasionando a necessidade de maior gasto de água para retrolavagem do leito. Além disso, o perfil de filtração não será uniforme (ao longo de todo o leito), provocando caminhos preferenciais durante a passagem da água, o que prejudicará a eficiência do filtro na retenção de partículas (Departamento técnico CELTABRASIL).

Segue abaixo as taxas recomendáveis e porcentagens (%) recomendáveis pela CELTABRASIL, informações retiradas das fichas técnicas da Zeólita CELPOOL/Nautilus e ZN:

Obs: Zeólita CELPOOL (CELTABRASIL) e Zeólita (Nautilus) trata-se da mesma matéria prima presente no mercado.

Em novos projetos deve-se adotar os seguintes valores:

Taxa de filtração: 25 a 40 m³/ m².h

Taxa de retrolavagem: 25 a 40 m³/m².h

Expansão na retrolavagem: 20 a 30%.

Densidade aparente: 0,98 kg/L

Área superficial: ~40 m²/g

Indicações para
CELPOOL e
Nautilus

Taxa de filtração: 10 a 30 m³/m².h

Altura de leito: a partir de 800 mm

Taxa de retrolavagem: 25 a 35 m³/ m².h

Expansão na retrolavagem: 20 a 30%

Densidade aparente: 0,98 kg/L

Área superficial: ~ 40 m²/g

Indicações para
Linha ZN

11. O que significa expansão na retrolavagem: 20 a 30%?

A expansão do leito ocorre em função da densidade do grão, esfericidade da partícula, taxa de retrolavagem, velocidade de fluidificação. Altas taxas de retrolavagem vão expandir mais o leito. Essa expansão é o que proporciona a fluidificação do leito e eliminação das impurezas. A melhor expansão é determinada em campo ou laboratório piloto a partir das características do produto (Departamento técnico CELTABRASIL).

No caso da zeólita, com taxa de retrolavagem de 25 a 35 m³/m².h o produto expandirá de 20 a 30%, o suficiente para eliminação das impurezas. Lembrando que cada produto possui sua taxa de retrolavagem e expansão (Departamento técnico CELTABRASIL).

12. Informação fundamentais para a instalação do elemento filtrante zeólita (celpool/nautilus), segundo o manual da Nautilus

A Nautilus indica o uso da zeólita “somente” para os modelos F450 (50 kg), F550 (75 kg), F650 (125 kg), F750 (175 kg), F950 (325 kg), F1150 (600 kg). A Nautilus não indica a utilização da zeólita nos seus filtros com carga **menor que 50 Kg**, exemplos: F280 (25 kg)/ 300 (16 kg)/ 350 (45 kg) (NAUTILUS, 2022).

Como já mencionamos sua granulometria é de: 1 a 3 mm. Fracionada em sacos de 25 kg.

Dimensionamento de carga: em média 33,33 % menor se comparado com a areia tradicional (areia sílica, livre de carbonatos, terra e vegetais com granulometria entre 0,5 mm a 1,0 mm) (NAUTILUS, 2022).

Exemplo: Filtro F450 se for areia coloca-se 75 kg, se for zeólita (CELPOOL/Nautilus) 50 kg. Qualquer dúvida sobre as relações entre areia x zeólita, estão presentes nas etiquetas dos filtros, ou no manual da Nautilus.

A quantidade de zeólita deve ser compatível com o modelo de cada filtro e colocada com o auxílio de funil através da abertura do plugue existente na parte superior do tanque, exceto nos modelos F950F e F1150P, que são carregados pela parte superior do tanque retirando-se a válvula seletora. Todo o passo a passo de instalação está presente no manual da Nautilus com o seguintes títulos (NAUTILUS, 2022):

- Como fazer a troca F450, F550, F650, e F750 (manual Nautilus/filtro)
- Como fazer a troca F950 e F1150 (manual Nautilus/filtro)

13.O primeiro uso da zeólita

O primeiro uso com a Zeólita é diferente da areia, faça o procedimento conforme as instruções da embalagem/manual para aproveitar o resultado desse poderoso elemento filtrante (NAUTILUS, 2022). Segue abaixo tanto o procedimento presente na embalagem, quanto o procedimento presente no manual da Nautilus:

Como lavar (segundo a embalagem):

1. **Coloque alavanca da válvula multivias na posição pré-filtrar**
2. Abra o registro do ralo de fundo
3. Feche o registro de retorno da piscina
4. Abra o registro de saída para o esgoto
5. Ligue a motobomba e aguarde até o fluxo de água visto pelo visor de lavagem esteja perfeitamente limpo
6. Desligue a motobomba
7. Coloque a alavanca da válvula multivias na posição **lavar**
8. Ligue a moto bomba e aguarde até que o fluxo de água visto pelo visor de Retro lavagem esteja perfeitamente limpo
9. Desligue a motobomba
10. Feche o registro do esgoto abra o registro de retorno à piscina e mantenha aberto o registro do ralo de fundo deixando assim o sistema filtrando pronto para iniciar a operação filtrar. (Embalagem Nautilus)

Como lavar (segundo o manual):

Sequência lógica:

Para lavar a areia ou zeólita do filtro:

1. **Coloque a alavanca na posição lavar;**

2. Abra o registro do ralo de fundo;
3. Feche o registro de retorno à piscina;
4. Abra o registro de saída para o esgoto;
5. Ligue a motobomba e aguarde até que o fluxo de água (visto pelo visor de lavagem) esteja perfeitamente limpo.

Não maneye a motobomba previamente. Para movimentar a alavanca, pressione-a para baixo e gire-a até encontrar o encaixe de operação desejada. Após a lavagem da areia ou da zeólita do filtro, coloque o filtro para operar na posição desejada (NAUTILUS, 2022).

Essa primeira lavagem é fundamental, pois por se tratar de um elemento mineral natural, deve-se realizar essa lavagem enviando toda micro poeiras presente no elemento filtrante (zeólita) para o esgoto, de forma que ela não vá para piscina, elevando assim a turbidez da água do tanque.



Cabeçote de 6 posições Nautilus: filtrar, **lavar**, drenar, recircular, **pré-filtrar** e fechado.

Como é possível ver, comparando os procedimentos, **existe uma divergência na instrução referente a primeira lavagem da zeólita**. O manual indica primeiro “lavar”, e a embalagem primeiro “pré-filtrar”:

O manual indica primeiro: “**lavar**” – isso significa realizar a contra filtração enviando as sujidades para o esgoto. Deste modo toda as micro poeiras presentes no leito de filtração serão removidas, porém, sem o assentamento dos grãos e com isso, ocorrerá o retorno de parte das micro poeiras para o tanque da piscina.

Acredito que deveria ter uma sexta (6) instrução no manual: realizar a “pré-filtragem” do leito, assim possibilitaria o assentamento dos grãos e a retirada de todas as micro poeiras presentes dentro do filtro.

Já a embalagem indica primeiro: “**pré-filtrar**” – isso significa realizar a pré-filtragem, enviando as micro poeiras para o esgoto, e posteriormente indica-se “**lavar/retrolavar**”. Até aqui tudo bem, pois vejo uma limpeza mais efetiva, com sentido filtração e contra filtração, porém assim como mencionei para a

instrução presente no manual, acredito que deveria ter mais uma instrução entre os pontos 9 e 10: realizar a “pré-filtragem” do leito, assim possibilitaria o assentamento dos grãos e a retirada de todas as micro poeiras presentes dentro do filtro, antes de colocar para filtrar, visando evitar a ida de sujidades para o tanque da piscina.

A ZEOCEM no seu manual de instalação da zeólita (ZeoAqua) instrui a realização de 2 enxágues, conforme o item (4):

4. Feche o filtro e faça o enxágue novamente até que a água lavada fique límpida. O meio filtrante zeólita irá assentar durante 5 minutos. Após mais 2 minutos repita o enxágue e ligue o filtro.

Os filtros para piscinas utilizados (Iugoslávia) são diferentes dos nossos, porém como já discutido sobre as características do elemento filtrante (zeólita), acredito ser super viável este descanso da mídia de 5 minutos (para assentar), seguido de mais 2 minutos antes de realizar o último enxágue.

14.Proposta para evitar a fuga do elemento filtrante na contralavagem/retrolavagem (VIEGAS, 2022)

Quem trabalha com zeólita em filtros para piscina, convive por vezes com a fuga do elemento filtrante durante o processo de contralavagem/retrolavagem. A explicação para fuga do material filtrante está na densidade no primeiro momento da contralavagem/retrolavagem. Pois, nesta etapa como o filtro está muito sujo, a contribuição da densidade elevada associada a vazão facilitará a perda do material filtrante. Com isso, toda contralavagem/retrolavagem precisará ser administrada.

A densidade aparente da zeólita comercializada no Brasil é 30% inferior à densidade aparente da areia. Os vidros reciclados possuem uma densidade aparente 15% inferior a densidade aparente da areia (MAIERÁ, 2021).

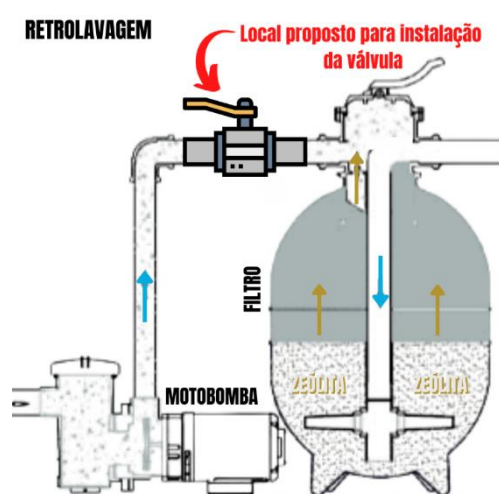
Estive recentemente em uma feira voltada para o seguimento de piscinas, e entre as novidades “no mercado nacional”, pude ver algumas motobombas de velocidade variável lá.

Sem dúvida estas bombas contribuirão muito para o tratamento de piscinas, pois, como sabemos as recomendações das taxas de filtração e de

retrolavagem são diferentes, estas bombas permitem o controle das vazões de acordo com a necessidade de melhor filtração e de uma melhor retrolavagem (MAIERÁ, 2021).

Entretanto, até que essa novidade chegue até a grande maioria dos filtros que contêm zeólitas, conversando com o Sr. Sergio Viegas, ele me apresentou uma proposta muito interessante para minimizar esta fuga.

O modo mais simples e sem prejuízo é feito por controle de válvula entre o recalque e o filtro, conforme figura abaixo. Desta forma é possível regular a vazão sem gerar pressão dentro do filtro. Pois o que precisamos é velocidade (fruto da relação vazão/área), e o limite dela é dado em função da densidade do material filtrante. De um modo geral toda vez que a velocidade da água dentro do filtro estiver maior ou igual a velocidade de sedimentação da partícula, ela vai ser arrastada para fora. Na prática, ao iniciar a contralavagem, a válvula no recalque pode ser levemente estrangulada para eliminação da fase mais densa, sem perda do material filtrante, e assim aberta gradativamente até atingir a vazão máxima, evitando assim a perda do material filtrante (VIEGAS, 2022).



Fonte: Informação do autor.

Este seria o melhor lugar para a redução, entre a bomba e o filtro. Pois a redução antes da sucção leva a bomba a cavitação. Por outro lado, se reduzirmos na saída do filtro (esgoto) a contralavagem/retrolavagem acontece sob pressão, reduzindo assim a expansão do leito. Contudo, que fique claro a importância do GERENCIAMENTO do fechamento e abertura total da válvula no momento da contralavagem/retrolavagem por parte do operador, pois inicialmente “sugestão” fechar $\frac{1}{4}$ da válvula antes de iniciar a retrolavagem, e

posteriormente seguir progressivamente com a abertura da válvula até chegar a 100% da abertura, de acordo com a necessidade do processo (VIEGAS, 2022).

No caso da zeólita, como sua densidade aparente ($0,9 - 1,0 \text{ g/cm}^3$) é menor se comparado com a areia (cerca de $1,40 \text{ g/cm}^3$), a contralavagem precisa acontecer em vazão menor quando comparada com circunstâncias equivalentes à areia. Se a operação acontece em vazão menor, maior a restrição para a remoção de partículas mais pesadas. Daí o conselho é aumentar a frequência de contralavagem a fim de evitar aglomerados junto ao material filtrante (se isto acontecer, a vazão para não perder material filtrante pode ser insuficiente para remoção do material aglutinado que está mais pesado).

Atenção:

Lembrando que há uma norma para piscina, que abrange: projeto, execução e manutenção (NBR 10.339, 2019). Pois o não cumprimento das normas no projeto, desde a construção, instalação e manutenção dos acessórios da piscina, seja ela, privada ou pública, tornam eminentes os riscos de acidentes graves, podendo ser fatais para adultos e crianças. Sendo assim, toda instalação hidráulica em piscinas deverá seguir as normas que constam na ABNT prescritas na NBR 10.339, 2019. E a escolha do tipo de válvula também é importante, já que a função é controlar/gerenciar a vazão.

15. Características das zeólitas presentes no Brasil

Nome comercial: CELPOOL

Fabricante: CELTABRASIL

Obs: todas as informações aqui contidas, foram retiradas da ficha do produto (Versão atualizada em 14/12/2020) e do site da CELTABRASIL (Acesso: 11/07/2022).

Tipo: Zeólita Natural Clinoptilolita

Aplicações: Indicada para filtração em piscinas domésticas e públicas.

Granulometria recomendada para piscinas: de 1 a 3 mm

Embalagem: Sacos com 25 kg ou Big Bags de 1000 kg.

Carga indicada: 30% menos de zeólita natural se comparado com a carga de areia.

O prazo de validade: 3 anos.

Principais benefícios:

- Atua diretamente na retenção física de partículas em suspensão presentes na água, tornando-a com aparência cristalina.
- Remove a amônia presente na água, impedindo que se forme a cloramina (combinação do cloro + amônia).
- Reduz irritação na pele, ocasionada pela formação de cloramina.
- Tornar a aparência da água cristalina.
- Remove amônia provinda de detritos orgânicos.

Características físico/química:

Composição Química

Ensaio	Valor máximo	Valor mínimo	Ensaio	Valor máximo	Valor mínimo
Perda ao fogo	15,00%	7,00%	Na ₂ O	5,00%	0,00%
SiO ₂	75,00%	62,00%	K ₂ O	5,00%	0,50%
Al ₂ O ₃	15,00%	7,00%	MnO	0,50%	0,00%
Fe ₂ O ₃	3,00%	0,50%	P ₂ O ₅	0,50%	0,00%
TiO ₂	0,50%	0,00%	ZnO	0,50%	0,00%
CaO	5,00%	0,50%	CuO	0,10%	0,00%
MgO	3,00%	0,00%			

*Análise Quantitativa por Espectrometria de Fluorescência de raios x

Composição Física

Análise	0,4 a 1,0 mm	1,0 a 3,0 mm	3,0 a 8,0 mm
Densidade Aparente	0,9 – 1,0 g/cm ³	0,9 – 1,0 g/cm ³	0,9 – 1,0 g/cm ³
pH	7 - 9	6 - 9	6 - 9
Coefficiente de Uniformidade	1 a 1,9 C. U		
Cor	Bege a Verde		
Umidade	≤ 6%		
Ponto de fusão	1000 a 1400 °C		

Em novos projetos deve-se adotar os seguintes valores:

Taxa de filtração:	25 a 40 m ³ / m ² .h
Taxa de retrolavagem:	25 a 40 m ³ /m ² .h
Expansão na retrolavagem:	20 a 30%.
Densidade aparente:	0,98 kg/L
Área superficial:	~40 m ² /g

Fonte: CELTABRASIL, 2020.

Nome comercial: Watercel ZN

Fabricante: CELTABRASIL

Obs: todas as informações aqui contidas, foram retiradas da ficha do produto (Versão atualizada em 07/06/2021) e do site da CELTABRASIL (Acesso: 11/07/2022).

Tipo: Zeólita Natural Clinoptilolita

Aplicações: redução de turbidez, cor aparente, SDI e Sólidos em suspensão.

Granulometria recomendada: de 1 a 3 mm

Embalagem: Sacos com 25 kg ou Big Bags de 1000 kg.

Carga indicada: 30% menos de zeólita natural se comparado com a carga de areia.

Eficácia de retenção: não mencionado.

O prazo de validade: 3 anos.

Principais benefícios:

- Produto inócuo. Ensaio de inocuidade em conformidade com a Portaria GM/MS nº 888/21, baseada no padrão NSF/ANSI 61 (2016).
- Reduz a frequência de retrolavagem, maior intervalo entre retrolavagens, baixa perda de carga (água passa com maior facilidade pela zeólita).
- Utiliza uma menor quantidade de água durante a retrolavagem (comparada à areia e quartzo).
- Retenção de partículas finas (diâmetro médio de 5 a 15 micras para zeólita Watercel ZN 0410 de granulometria de 0,4 a 1 mm).
- Aumenta a capacidade de filtração, reduzindo o custo com novos equipamentos.
- Permite fluxos maiores de filtração.

Características físico/química:

Composição Química					
Ensaio	Valor máximo	Valor mínimo	Ensaio	Valor máximo	Valor mínimo
Perda ao fogo	15,00%	7,00%	Na ₂ O	5,00%	0,00%
SiO ₂	75,00%	62,00%	K ₂ O	5,00%	0,50%
Al ₂ O ₃	15,00%	7,00%	MnO	0,50%	0,00%
Fe ₂ O ₃	3,00%	0,50%	P ₂ O ₅	0,50%	0,00%
TiO ₂	0,50%	0,00%	ZnO	0,50%	0,00%
CaO	5,00%	0,50%	CuO	0,10%	0,00%
MgO	3,00%	0,00%			

*Análise Quantitativa por Espectrometria de Fluorescência de raios x

Composição Física			
Análise	0,4 a 1,0 mm	1,0 a 3,0 mm	3,0 a 8,0 mm
Densidade Aparente	0,9 – 1,0 g/cm ³	0,9 – 1,0 g/cm ³	0,9 – 1,0 g/cm ³
pH	7 - 9	6 - 9	6 - 9
Coefficiente de Uniformidade	1 a 1,9 C.U		
Cor	Bege a Verde		
Umidade	≤ 6%		
Ponto de fusão	1000 a 1400 °C		

4. Recomendações de uso

Taxa de filtração: 10 a 30 m³/m².h

Altura de leito: a partir de 800 mm

Taxa de retrolavagem: 25 a 35 m³/ m².h

Expansão na retrolavagem: 20 a 30%

Densidade aparente: 0,98 kg/L

Área superficial: ~ 40 m²/g

Fonte: CELTABRASIL, 2021.

A CeltaBrasil disponibilizou resultados técnicos dos testes de retenção de partículas. Os testes foram realizados pelo CCDM (Centro de Caracterização de Desenvolvimento de Materiais – localizado no DEMMa/UFSCar – Departamento de Engenharia de Materiais/Universidade Federal de São Carlos, em 2008 (MACEDO, 2019).

Tabela de retenção – Filtro de fibra/inox Filtrali Meio Filtrante: Watercel ZN0410 – MET092253

Canal (µm)	Retenção 1ª Coleta	Retenção 2ª Coleta	Retenção 3ª Coleta
5,00 – 15,00	87,7%	88,4%	80,0%
15,00 – 30,00	92,5%	95,9%	94,2%
30,00 - 50,00	100%	100%	100%
Fonte: DEPTO. TÉCNICO CELTABRASIL, 2018			

Os resultados mostram que o elemento filtrante foi classificado na classe 3 de eficiência, reduzindo mais de 85% das partículas na faixa de 5,00 a 15,00 µm (resultado obtido de um único filtro/aparelho). Taxa filtração foi de 32 m³/m².h (32 m/h) e a altura de leito foi de 800 mm.

A Watercel ZN 0410 consegue remover partículas entre 5 – 15 micras (não nominal), para sistemas. Para remoção SDI indica-se taxa de filtração mais baixa (até 11 m³/m².h) e adição de coagulante em linha (Departamento técnico CELTABRASIL).

A Watercel ZN possui laudo de inocuidade.

Mas, o que é isso?

Bem, os materiais utilizados em tratamento de água devem ter sua qualidade assegurada por meio desse laudo, o qual é baseado no Standard 61 da NSF/ANSI e exigido pela nova Portaria GM/MS nº 888 de 04 de maio de 2021 (antiga Portaria nº 05 da consolidação 2017).

E o que significa tudo isso?

Demonstrar que um produto é inócuo garante que este não apresentará risco para nossa saúde, quando em contato com a água que está sendo tratada. Vários padrões de qualidade são quantificados (como metais, compostos orgânicos, elementos radioativos e afins) e comparados com o valor máximo permitido, conforme legislação de potabilidade.

O Watercel ZN foi submetido ao ensaio de inocuidade e considerado INÓCUO, não apresentando riscos à saúde da população (CELTABRASIL (a), 2022).

A CELTABRASIL disponibiliza um material em PDF muito didático sobre a Zeólita gratuito para baixar, chama-se “Zeopédia”.

Basta acessar o link: <https://rebrand.ly/zeopedia_zeolitanatural>

Nome comercial: Zeólita Nautilus (CELPOOL)

No Brasil a zeólita Celpool é comercializada pela Nautilus.

Fabricante: CELTABRASIL

Obs: todas as informações aqui contidas, foram retiradas da embalagem do produto e do site da Nautilus (NAUTILUS, 2022 - Acesso: 11/07/2022).

Tipo: Zeólita Natural Clinoptilolita.

Densidade de 0,98 g/cm³.

Eficácia de retenção: até 5 micras

Aplicações: Indicada para filtração em piscinas domésticas e públicas.

Granulometria recomendada: de 1 a 3 mm

Embalagem: Sacos com 25 kg

Carga indicada: em média 33 % menos de zeólita natural se comparado com a carga de areia. Conforme quadro a seguir.

Instalação

Muitos são os problemas apresentados por equipamentos instalados sem observância da norma da ABNT (NBR 10.339), que trata do dimensionamento das tubulações das piscinas.

Para um bom desempenho e aproveitamento pleno da capacidade do equipamento, é fundamental que a instalação da rede hidráulica seja feita utilizando-se as tubulações constantes na tabela a seguir, de acordo com o filtro escolhido.

Modelo do Filtro	Vazão (m³/h)	Modelo da motobomba	Potência do motor (CV)	Tubulação de sucção cola (mm)	Tubulação de recalque cola (mm)	Elemento Filtrante: Escolha entre Areia OU Zeólita		Recirculação		
						Carga de zeólita (kg)	Carga de areia (kg)	6h	8h	10h
F300P	2,0	NBF-0	1/4	50	50	---	16	12	16	20
F280P	2,4	NBF-0	1/4	50	50	---	25	14	19	24
F350P/X	3,6	NBF-1	1/3	50	50	---	45	22	29	36
F450P/X	6,5	NBF-2	1/2	50	50	50	75	39	52	65
F550P/X	9,5	NBF-3	3/4	50	50	75	125	57	76	95
F650P/X	12,5	NBF-4	1,0	60	50	125	175	75	100	125
F750P/X	17,0	NBF-5	1,5	75	60	175	250	102	136	170
F950P	35,0	B7NRL-50	3,0	85	75	325	500	210	280	350
F1150P	50,0	B9NRL-50	5,0	110	85	600	875	300	400	500

* As potências indicadas nesta tabela correspondem apenas às motobombas NAUTILUS. Em se tratando de motobombas de outros fabricantes, existe a necessidade de um estudo das vazões e curvas características das mesmas.



5

O prazo de validade: indeterminada.

Principais benefícios:

- Mineral poroso - e mais eficaz que os meios filtrantes convencionais, sua estrutura porosa absorve muito mais partículas de sujeira e proporciona um resultado mais eficiente na filtração quando comparado à areia, cerca de 8 vezes mais retenção de sólidos.
- Alta retenção de partículas (até 8 vezes maior do que areia). Além de reter mais partículas é altamente eficiente na retenção de partículas menores, a areia retém partículas de 20 micra, enquanto a zeólita retém partículas de até 5 micra, ou seja, é muito mais eficiente no processo da filtração.
- Diminui cloraminas - Zeólita também é conhecido por evitar a formação de cloraminas (responsáveis pelo cheiro forte de cloro, irritação nos olhos, pele e cabelo, etc.).
- A Zeólita Nautilus retarda a saturação e gera menor perda de carga, o que proporciona maior vida útil em relação à areia.
- No processo de manutenção (retrolavagem), gera menor consumo de energia pois realiza a operação em menor tempo.

Obs.: As características físico/química: São as mesmas presentes na Celpool, pois se trata do mesmo produto.

ZeoAqua (ZEOCEM)

A nível de informação será apresentada as características físico/químicas da zeólita natural tipo clinoptilolita a ZeoAqua da ZEOCEM tão mencionada neste trabalho, destinada para uso em piscinas na Iugoslávia.

Obs: todas as informações aqui contidas, foram retiradas da ficha técnica do produto (ZEOCEM, 2021), e do site da ZEOCEM. (ZEOCEM, 2022 - Acesso: 11/07/2022)

Eficácia de retenção: podendo chegar de 2 a 5 micras

A capacidade total de troca de sorção de amônia é de 1,3 mol/kg, ou seja, permite ligar até 23 g de amônia em 1 kg de ZeoAqua.

Dosagens recomendadas:

	ZeoAqua	Areia	Vidro
Densidade do pó (Kg/m)	900	1450	1250
Índice de substituição	1	1.6 x	1.4 x
Filtro grande (60m ³)	2,000 Kg	3,200 Kg	2,800 Kg
Filtro médio (30m ³)	625 Kg	1,000 Kg	875 Kg
Filtro pequeno (10m ³)	25 Kg	40 Kg	35 Kg

A zeólita tem um peso a granel menor, com isso cerca de 75% do peso convencional da areia do filtro é suficiente.

Tipo: Zeólita Natural Clinoptilolita.

As mais recomendadas para filtros de piscina são as granulometrias – 0,6-1,8 mm e 1-2,5 mm.

Características físico/química:



Qualitative parameter	Legislative	Limit value	Practice
Friability (friability resistance)	DIN EN 16070, STN EN 12902		Ø (min, max)
750 Impacts			
Percentage loss compared to the minimum size d ₀ before crushing		Max. 20	6.01 (3.2-9)
Percentage loss compared to the effective size d ₀ before crushing		Max. 25	8.77 (6.2-17.5)
1,500 impacts			
Percentage loss compared to the effective size d ₀ before crushing		Max. 30	12.8 (9.5-17.0)
Percentage loss compared to the effective size d ₀ before crushing		Max. 40	16.02 (12.00-21.00)
Water extractable toxic substances	STN EN 12902		
Pb content (mg/l)			<0.01
Cd content (mg/l)			<0.002
As content (mg/l)			0.001
Hg content (mg/l)			<0.0001
Cr content (mg/l)			<0.002
Ni content (mg/l)			<0.01
Sb content (mg/l)			0.001
Se content (mg/l)			<0.001
PAU sum (µg/l)			0.16
CN- total (mg/l)			<0.005

* external analyses

Fonte: ZEOCEM, 2021.

GENERAL PRODUCT INFORMATION:

Qualitative parameter	Legislative	Limit value	Practice
			Ø (min., max.)
Bulk density free	DIN EN 16070	750-1,150	
Chemical properties	DIN EN 16070		
Content of zeolite		50-100	
Weight loss at 150 °C		Max. 7.0	5.22
Loss by annealing at 650 °C		Max. 20	8.46
Adsorption capacity	DIN EN 16070	Min. 1.6 mg/g	6.28
Content of heavy metals	DIN EN 16070		
Pb content (mg/kg)		30	7.84 (3.31-15.0)
Cd content (mg/kg)		2.0	0.028 (0.013-0.050)
As content (mg/kg)		5	1.06 (0.44-1.67)
Hg content (mg/kg) *		0.1	0.006 (0.004-0.015)
Cr content (mg/kg)		30.0	<8.0
Ni content (mg/kg)*		30.0	1.61 (0.5-2.7)
Sb content (mg/kg)*		5.0	<0.2
Se content (mg/kg)*		10.0	4.01 (3.6-4.9)
Chemical analysis *	DIN EN 16070		Ø (min-max)
SiO ₂ content (%)		62-72	67.57 (64.73-69.61)
Al ₂ O ₃ content (%)		11-14	11.76 (11.25-12.60)
Fe ₂ O ₃ content (%)		0.7-2.3	1.34 (1.27-1.63)
CaO content (%)		2.7-5.5	3.09 (2.82-3.38)
MgO content (%)		0.2-1.2	0.68 (0.53-1.13)
K ₂ O content		2.2-3.5	3.11(2.83-3.41)
Na ₂ O content		0.2-1.3	0.81 (0.41-1.35)
TiO ₂ content		0.1-3.3	0.16 (0.13-0.19)
Loss by annealing		7-14	7.18 (7.00-9.72)
Specific weight (kg/m ³)	DIN EN 16070	2,200-2,500	2,367

* external analyses

DECLARED QUALITATIVE PARAMETERS:

Property		Product							
		ZeoAqua 0.5-1 mm	ZeoAqua 0.6-1.8 mm	ZeoAqua 0.6-2.0 mm	ZeoAqua 1-2.5 mm	ZeoAqua 2.5-5.0 mm	ZeoAqua 4.0-8.0 mm	ZeoAqua 8.0-16.0 mm	ZeoAqua 1.0-32.0 mm
Granularity (Oversize) (%) cumulative oversize according to STN 721213	32.0 mm								Max.25.0
	20.0 mm							Max.2.0	-
	16.0 mm							Max.25.0	Min.70.0
	8.0 mm						Max.25.0	Min.70.0	
	5.0 mm					Max.25.0			
	4.0 mm				-	-	Min.80.0		
	2.5 mm				Max.25.0	Min.80.0			
	2.0 mm			Max.25					
	1.8 mm		Max.0						
	1.25 mm				-				
	1.0 mm	Max.30			Min.80.0				
	0.7 mm								
	0.6 mm		Min.80.0	Min.65.0					
	0.5 mm	Min.80.0							
	<0.2 mm	Max.0.6	Max.0.6	Max.0.6	Max.0.6	Max.0.6	Max.0.6	Max.0.6	Max.0.6
Humidity (%) at 105±5 °C according to STN EN 12902		Max.8.0	Max.8.0	Max.8.0	Max.8.0	Max.8.0	Max.8.0	Max.8.0	Max.8.0
Ion-exchange capacity (mol.lg ⁻¹) according to ČSN 721076		Min.0.70	Min.0.70	Min.0.70	Min.0.70	Min.0.70	Min.0.70	Min.0.70	Min.0.70

16. Análise das principais propostas dos produtos

Sem dúvida há uma falta de publicações científicas sobre as propostas mencionadas pelos fabricantes. Procurei as duas empresas (nacionais) citadas, porém, somente uma delas contribuiu parcialmente para o esclarecimento dos pontos levantados a seguir.

Eficiência de retenção da zeólita

Quando o assunto é a eficiência de retenção por exemplo, a Nautilus propõe uma retenção de “até 5 micras” para a zeólita Nautilus/CELPOOL de granulometria de 1 a 3 mm, mas como visto a CELTABRASIL realizou testes de retenção na Watercel ZN0410 de granulometria de 0,4 a 1 mm.

“Os resultados mostram que o elemento filtrante foi classificado na classe 3 de eficiência, reduzindo mais de 85% das partículas na faixa de 5,00 a 15,00 μm (resultado obtido de um único filtro/aparelho). Taxa filtração foi de 32 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ (32 m/h) e a altura de leito foi de 800 mm” (Fonte: DEPTO. TÉCNICO CELTABRASIL, 2018).

Remoção de amônia presente na água

Tanto a Nautilus, quanto a CELTABRASIL afirmam que a CELPOOL remove a amônia presente na água, impedindo que se forme a cloramina (combinação do cloro + amônia). Contribuindo para nosso estudo, o departamento da CELTABRASIL disponibilizou um teste simples comparativo realizado com a zeólita CELPOOL, para remoção de Amônio (NH_4^+), teste esse que será exibido na íntegra a seguir.


Member of 

REMOÇÃO DE ÍON AMÔNIO (NH_4^+) UTILIZANDO CELPOOL

A estrutura da zeólita permite que ocorra intercâmbio catiônico entre íons de cálcio, magnésio e sódio os quais podem ser trocados por outros elementos como o íon amônio (NH_4^+) presente na água das piscinas.

Este processo é denominado "intercâmbio catiônico" e é um importante mecanismo da zeólita para tratamento de águas de piscina contendo amônia, de forma a evitar a formação de cloraminas (cloro + amônia).

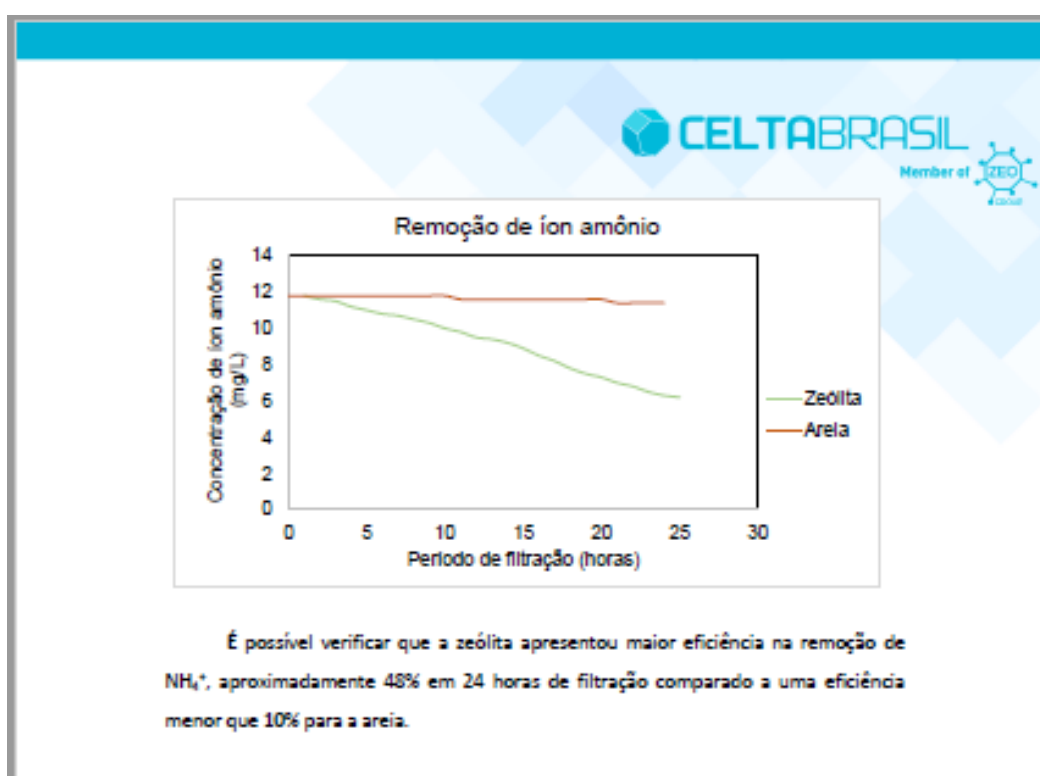
Estudo de remoção de íon amônio com Celpool e areia

Foi realizado um estudo comparativo entre o Celpool e a areia, visando a remoção de nitrogênio sob a forma de íon amônio. Os produtos foram avaliados utilizando 4,5 m³ proveniente de três piscinas.

Taxa de filtração (m ³ /m ² .h)	Carga de zeólita (kg)	Carga de areia (kg)	pH	Alcalinidade (mg/L)	Período de filtração (h)
35 a 40	20	20	7 a 7,2	120	24

O teste foi realizado por 24 horas com parâmetros de pH e alcalinidade ajustados para as faixas normais de operação de piscinas residenciais: pH entre 7,0 e 7,2 e alcalinidade em 120 ppm. Não foi realizada a cloração do sistema para não influenciar nos resultados de conversão de íon de amônio, de forma a verificar a atuação dos produtos.

Abaixo estão os principais resultados referente a remoção de íon amônio.



O teste expôs uma água proveniente de 3 piscina (cerca de 4,5 m³) com 12 mg/l de íons amônio, a filtração com areia e celpool. Os resultados demonstram que após 24 horas, houve uma remoção de aproximadamente 48% de NH₄⁺, e a areia apresentou remoção menor que 10% de NH₄⁺ (Fonte: Departamento técnico CELTABRASIL).

Diante destes resultados, algumas questões ainda ficam em abertas, pois se a estrutura da zeólita (CELPOOL) permite que ocorra intercâmbio catiônico entre íons de cálcio, magnésio e sódio os quais podem ser trocados por outros elementos como o íon amônio (NH₄⁺) presente na água das piscinas. Ela foi quimicamente modificada? Por que essa zeólita não pode ser regenerada?

Maior capacidade de retenção/retrolavagem

Estas propostas foram retiradas da ficha técnica da zeólita Watercel ZN e do site da Nautilus na aba Zeólitas/CELPOOL.

Utiliza uma menor quantidade de água durante a retrolavagem (comparada à areia e quartzo) (CELTABRASIL, 2020b).

No processo de manutenção (retrolavagem), gera menor consumo de energia pois realiza a operação em menor tempo (NAUTILUS, 2022a).

Resumo das propostas:

Utiliza menor quantidade de água durante a retrolavagem / menor consumo de energia pois realiza a operação em menos tempo.

Abordo este ponto, pois tendo a zeólita natural clinoptilolita maior capacidade de retenção de partículas menores em suspensão se comparado com a areia, somado a essa ação mecânica de retenção dos sólidos, temos um pequeno efeito eletrostático entre os sólidos suspensos e o leito de zeólita, que também contribui para o processo de filtração. Do ponto de vista “prático”, o que percebo consultando alguns piscineiros, e nas piscinas coletivas que utilizo (zeólita natural), é que essas qualidades do material mencionadas acima, **proporciona pelo menos o mesmo tempo no processo de retrolavagem**, mesmo ela tendo uma porosidade e área superficial maior, se comparada com a areia.

A pergunta que fica se há testes e publicações científicas (na área de piscinas) que sustentem essas propostas mencionadas a baixo?

Utiliza menor quantidade de água durante a retrolavagem / menor consumo de energia pois realiza a operação em menos tempo.

Digo isso pois a referência utilizada para sustentar a pesquisa que avaliou o volume de água necessário para a retrolavagem dos leitos de zeólita e areia (GOBBI, 2010), por exemplo, **ao meu ver não pode servir como referência**, pois trata-se de uma dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção de mestrado, com o título: “*Remoção de ovos de helmintos de esgotos secundários, por meio de filtros rápidos de areia, carvão antracitoso e zeólita para reúso agrícola e urbano não potável*”, pois, a pesquisa não menciona qual tipo de Watercel utilizada, tendo em vista que a CELTABRASIL possui 7 tipos de Watercel (ZN, Zf, sfm, ZS, ZZ, Ze, af) no seu portfólio, a granulometria utilizada no ensaio foi de 0,35 a 1,2 mm (com tamanho efetivo de 0,6) sendo que a granulometria indicada para piscinas é de 1 a 3 mm, e o sistema de filtração escolhido para o teste foi por gravidade, conforme foto abaixo, **condições bem diferentes das que encontramos nos sistemas de filtração em piscinas, e não é mencionado.**

Parte do texto retirado do site: “No estudo realizado por **Gobbi, Sidnei (2010)** também foi avaliado o volume de água necessário para a retrolavagem dos leitos de zeólita e areia, **a pesquisa concluiu que foi necessário cerca de 1545 L de água para o filtro de areia e apenas 390 L para o filtro de zeólita**”. (<https://www.celtabrasil.com.br/2020/07/26/uso-de-zeolitas-para-tratamento-de-aqua-e-efluentes-parte-1/>).

Foto retirada da dissertação de Gobbi, Sidnei (2010), apresenta o filtro utilizado no experimento.



Figura 4 - Foto do sistema de filtração à gravidade com três colunas de filtração (areia/carvão, zeólita e areia), um reservatório para alimentação e outro para o filtrado

A meu ver testes e publicações científicas sobre essas, e outras propostas são essenciais para o mercado de piscinas. Como todos sabem o meio filtrante mais comum presente nas piscinas do mercado nacional é a areia, que mesmo com limitações atendem muito bem, e sempre que nos dispomos a apresentar uma proposta diferente a pegamos como parâmetro para comparações. Com isso a apresentação de benefícios de qualquer elemento filtrante deve ser fundamentada e disponibilizada a todos os usuários, pois além de trazer credibilidade e confiança ao produto, trará muito mais clareza a decisão do usuário.

17. Matéria prima & nomes comerciais

Como mencionado neste trabalho, a zeólita natural tipo clonoptilolita é comercializada pela CELTABRASIL (Watercel ZN e CELPOOL) e pela Nautilus (CELPOOL) e vimos que a linha para piscina comercializada por ambas, chama-se CELPOOL (1 a 3 mm).

Zeólita CELPOOL

Composição Química

Ensaio	Valor máximo	Valor mínimo	Ensaio	Valor máximo	Valor mínimo
Perda ao fogo	15,00%	7,00%	Na ₂ O	5,00%	0,00%
SiO ₂	75,00%	62,00%	K ₂ O	5,00%	0,50%
Al ₂ O ₃	15,00%	7,00%	MnO	0,50%	0,00%
Fe ₂ O ₃	3,00%	0,50%	P ₂ O ₅	0,50%	0,00%
TiO ₂	0,50%	0,00%	ZnO	0,50%	0,00%
CaO	5,00%	0,50%	CuO	0,10%	0,00%
MgO	3,00%	0,00%			

*Análise Quantitativa por Espectrometria de Fluorescência de raios x

Zeólita Watercel ZN

Composição Química

Ensaio	Valor máximo	Valor mínimo	Ensaio	Valor máximo	Valor mínimo
Perda ao fogo	15,00%	7,00%	Na ₂ O	5,00%	0,00%
SiO ₂	75,00%	62,00%	K ₂ O	5,00%	0,50%
Al ₂ O ₃	15,00%	7,00%	MnO	0,50%	0,00%
Fe ₂ O ₃	3,00%	0,50%	P ₂ O ₅	0,50%	0,00%
TiO ₂	0,50%	0,00%	ZnO	0,50%	0,00%
CaO	5,00%	0,50%	CuO	0,10%	0,00%
MgO	3,00%	0,00%			

*Análise Quantitativa por Espectrometria de Fluorescência de raios x

Zeólita CELPOOL

Composição Física

Análise	0,4 a 1,0 mm	1,0 a 3,0 mm	3,0 a 8,0 mm
Densidade Aparente	0,9 – 1,0 g/cm ³	0,9 – 1,0 g/cm ³	0,9 – 1,0 g/cm ³
pH	7 - 9	6 - 9	6 - 9
Coefficiente de Uniformidade	1 a 1,9 C. U		
Cor	Bege a Verde		
Umidade	≤ 6%		
Ponto de fusão	1000 a 1400 °C		

Zeólita Watercel ZN

Composição Física

Análise	0,4 a 1,0 mm	1,0 a 3,0 mm	3,0 a 8,0 mm
Densidade Aparente	0,9 – 1,0 g/cm ³	0,9 – 1,0 g/cm ³	0,9 – 1,0 g/cm ³
pH	7 - 9	6 - 9	6 - 9
Coefficiente de Uniformidade	1 a 1,9 C.U		
Cor	Bege a Verde		
Umidade	≤ 6%		
Ponto de fusão	1000 a 1400 °C		

Dito isso, é fundamental que lembremos que um dos princípios da piscinologia contemporânea é a valorização da matéria prima presente nos produtos e não os nomes comerciais presentes nos rótulos.

Meu questionamento vai exatamente de encontro a esse princípio, pois analisando a ficha técnica dos dois produtos em questão, "CELPOOL" e "Watercel ZN", **observei que a composição química e as características físicas dos dois são "iguais"**.

Contudo, cada mina de zeólita possui suas peculiaridades, devido seu local de extração, região, clima etc. Isso significa que zeólitas naturais do mesmo tipo (por exemplo: clinoptilolita) se forem de minas diferentes, normalmente apresentam composições físico/químicas diferentes. Porém, o questionamento aqui é baseado nas fichas técnicas dos produtos comercializados, fichas estas que podem ser obtidas por qualquer usuário que se sinta interessado.

Sendo assim, se há diferenças entre estas Zeólitas Naturais elas deveriam estar presentes nas fichas técnicas, pois do jeito que estão

apresentadas, induzirá os consumidores a cometer erros, pois analisando as matérias primas e as características físicas elas se apresentam iguais.

Volto a ressaltar falo como consumidor, pois utilizo as Zeólitas Naturais da linha ZN da CELTABRASIL a bastante tempo em piscinas coletivas e residenciais, com cargas maiores e menores, com filtros de X, Y e Z e nunca tive problemas. Gosto tanto de utilizar a Zeólita nos meus processos de tratamento, que resolvi fazer meu TCC falando sobre ela. Tenho ciência que existe questões comerciais envolvidas, isso é normal. Mas ficaria muito feliz que as diferenças entre as matérias primas fossem expressas, pois assim conseguiria fazer minhas escolhas seja por A ou B com mais propriedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estou muito feliz de ter conseguido chegar até aqui, “não foi fácil”, com todas as minhas limitações, fiz o meu melhor. Com certeza ficarei muito satisfeito, se uma linha deste trabalho for relevante e ajudar alguém. Infelizmente as questões comerciais dificultam muito o caminho do aprendizado no mercado de piscina. Um mercado que digeri com muita acidez as perguntas feitas, gerando quase sempre uma má digestão entre quem quer as respostas e quem as têm. Um mercado cheio de “vacas sagradas”, que dificultam a “atitude filosófica” e idolatra o “senso comum”.

Algumas páginas foram percorridas para chegar até aqui, e durante essa jornada tive o prazer de aprender um pouquinho sobre ela, conhecê-la um pouco melhor, e perceber o potencial que a Zeólita Natural Clinoptilolita (para os mais íntimos Lolita) têm no tratamento de água. Contudo, como em toda relação, nem tudo são só flores.

Em 2008 as últimas palavras escritas por RESENDE, MONTE, PAIVA, no artigo feito para a CETEM, sobre Zeólitas Naturais foram:

“Ainda há muito o que se pesquisar sobre o potencial zeolítico no Brasil. Tanto sob o ponto de vista geológico como o de processamento e aplicação”.

Alguns anos depois o Dr. Jorge Macêdo no seu livro “Piscina – Água & Tratamento & Química” em 2019, escreveu no final da sua pesquisa sobre Zeólita, as seguintes palavras:

“O uso das zeólitas na área de filtração de água de piscinas é ainda muito restrita e todas as informações disponíveis são ainda de forma comercial e sobre aplicações em outras áreas. Não se encontra referências bibliográficas com base em publicações científicas, não se consegue encontrar pesquisas com meio filtrante zeólitas (...)”

Passaram-se alguns anos e hoje estamos aqui em 2022, e sabem quais serão as minhas últimas palavras neste trabalho?

O uso das zeólitas na área de piscina ainda continuam muito restrita, todas as informações disponíveis continuam sendo de forma comercial, e direcionada para outras áreas, continuamos sem referências bibliográficas baseadas em publicações científicas, e não encontramos pesquisas sobre ela disponíveis.

Meu desejo é que no futuro, as últimas palavras dos trabalhos, artigos, livros e TCC's sobre a minha querida Lolita sejam diferentes das minhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

MAIERÁ, N. Piscinas litro a litro. 3. ed. Revisada e ampliada. São Paulo: Esedra, 2021.

VIEGAS, S. Proposta para evitar a fuga do elemento filtrante na contralavagem/retrolavagem. 2022. Químico Industrial pela UFF (Universidade federal Fluminense) e pós-graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UERJ.

DI BERNARDO L, DI BERNARDO A, NOGUEIRA P. E. V. Métodos e técnicas de tratamento de água. São Carlos: 3ª ed. LDiBe Editora, 2017

ANDRADES, R. C. Síntese de zeólita A e aplicação em adsorção de metais pesados. São Paulo: 2018.

LUZ, A. B. Zeólitas: propriedades e usos industriais. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1995.

MACEDO, J. A. B. Piscina – Água & Tratamento & Química (A Piscinologia Contemporânea). 2ª Edição. Belo Horizonte: CRQ-MG. 2019.

AUDI, Samuel. Aula ministrada a UCCW. Filtração e Zeólitas. Junho, 2022

CELTABRASIL (a), Departamento técnico. Remoção do íons amônio (NH_4^+) utilizando Celpool. 2p, sd.

INGLEZAKIS V. J., POULOPOULOS S. G. ADSORPTION, Ion Exchange and Catalysis, Design of Operations and Environmental Applications, Elsevier, 2006 1ª edição.

CALABRIA, DI SERIO, MARTINS, VIEIRA, NETO. Zeopédia: O guia rápido. Ed. 1. Cotia, São Paulo, 2020.

CELTABRASIL. Ficha técnica da Watercel ZN, FT0201 – Revisão nº 02. Versão atualizada em 07/06/2021

CELTABRASIL. Ficha técnica da CELPOOL, FT0208 – Revisão nº 01. Versão atualizada em 14/12/2020.

CELTABRASIL (b). Ficha técnica da Watercel SZ, FT0204 – Revisão nº00. Versão atualizada em 31/07/2020.

ZEOCEM. Ficha técnica da ZeoAqua. Version 01/21 Valid from: 10.06.2021 © Zeocem,a.s.

ZEOLITE. 9th International Conference on the Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites Belgrade, Serbia, 8 - 13 June 2014.

CELTABRASIL. Departamento técnico – questionário. 2022.

GOBBI, S. A. Remoção de ovos de helmintos de esgotos secundários, por meio de filtros rápidos de areia, carvão antracitoso e zeólita para reúso agrícola e urbano não potável. ed. Ver. São Paulo, 2010. 120p.

MARGETA K., LOGAR N. Z., ŠILJEG M., FARKAS A. Zeólitos naturais no tratamento de água - quão eficaz é seu uso. Rio de Janeiro, 2013.

ZEOCEM. Products/enviro/zeoaqua-pools. Julho 2022.
<https://www.zeocem.com/en/products/enviro/zeoaqua-pools>. Acesso: 19/07/2022

CELTABRASIL. Portfolio/tratamento-de-agua. Julho 2022.
<https://www.celtabrasil.com.br/portfolio/tratamento-de-agua/> Acesso: 25/07/2022

CELTABRASIL. Uso-de-zeolitas-para-tratamento-de-agua-e-efluentes-parte-2. Julho 2022. <https://www.celtabrasil.com.br/2020/10/19/uso-de-zeolitas-para-tratamento-de-agua-e-efluentes-parte-2/> Acesso: 26/07/2022

NAUTILUS. Manuais-de-produtos. Julho 2022.
<https://nautilusbr.com/manuais-de-produtos/> Acesso: 25/07/2022

NAUTILUS (a). Site – produto zeólita. 2022.
<https://nautilusbr.com/produto/zeolita-2/>

ZEOCEM. Sd. Folder de apresentação da ZeoAqua.

CELTABRASIL (a). Instagram.
<https://www.instagram.com/p/CP5lnP1FBzX/> ACESSO 11/07/2022).

CETESB.

Amônia.

13/01/2014

http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas_contaminantes_amonia.php.

Último acesso: 13/01/2014 às 23:00h. Ministério da Saúde (2011).

IBGE.

Censo

2010,

nomes.

Julho

2022

<https://censo2010.ibge.gov.br/nomes/#!/search/response/96>