

ESTUDO DA CAVITAÇÃO HIDRODINÂMICA PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA

Vitor Hugo Vieira Brandolim (PIC/Uem), Cláudia Telles Benatti (Orientador),
e-mail: ra105045@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia/Maringá, PR

Área: Engenharia Sanitária. Subárea: Tratamento de águas de abastecimento e residuárias

Palavras-chave: cavitação, tratamento de água, tomada de decisão

Resumo

Este trabalho teve como objetivo estudar o fenômeno da cavitação hidrodinâmica, processo caracterizado pela formação de cavidades, seguido de crescimento e colapso, devido a variação de pressão no líquido, como uma forma de desinfecção de água. Tal alternativa apresenta potencial de uso na desinfecção como uma alternativa aos métodos tradicionais, com a vantagem de não necessitar o uso de cloro como agente desinfetante. Dessa forma, foi realizada uma revisão bibliográfica dos artigos vigentes que mostraram eficiência na utilização do fenômeno da cavitação aplicada ao tratamento de água, analisando os processos físico-químicos que influenciam, positiva ou negativamente, a desinfecção, como temperatura da água, pressão inicial, aditivos químicos, e mais outros. Além disso, investigou-se os diferentes métodos e projetos que vem sendo utilizados, como a utilização de diafragma, ou placa de orifícios, entre outros. A partir disso, utilizou-se o método de análise SWOT em combinação com a análise multicritério para a escolha da melhor alternativa de projeto.

Introdução

Em julho de 2010, a Organização das Nações Unidas reconheceu o acesso a água potável como um direito humano, no entanto, este está longe de alcançar toda a população mundial. Segundo pesquisa realizada pela mesma, estima-se que atualmente 2,1 bilhões de pessoas não possuem água própria para consumo. Dessa forma, a busca por formas mais baratas para a obtenção de água tratada é de grande importância.

O fenômeno da cavitação, por sua vez, é um processo oxidativo avançado caracterizado pela formação de cavidades, seguido de um crescimento e colapso de bolhas que liberam alta quantidade de energia em um curto intervalo de tempo (JYOTI & PANDIT, 2004). Tendo sido estudado desde o século XIX até os dias atuais, o fenômeno da cavitação hidrodinâmica é comumente associado de forma negativa ao se tratar de sistemas

hidráulicos. No entanto, este tem-se mostrado uma forma promissora de desinfecção da água, dispensando o uso do cloro como agente desinfetante (GOGATE 2007). A desinfecção por meio do cloro pode gerar subprodutos, como o trihalometano, que é provado cancerígeno e deve ser evitado (MEYER, 1994). Dessa forma, é fundamental o estudo de novos métodos de desinfecção para a distribuição de água de qualidade.

Materiais e métodos

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de obter as informações necessárias para o desenvolvimento do projeto, bem como as considerações teóricas acerca do assunto a ser trabalhado. Tal atividade foi desenvolvida durante todo o andamento do projeto com o intuito de se obter novas informações relativas ao estudo. Assim, estudou-se as condições para o desenvolvimento do fenômeno da cavitação hidrodinâmica e do processo de inativação de microrganismos por cavitação hidrodinâmica. Realizou-se também um estudo dos equipamentos que podem viabilizar a aplicação do fenômeno em questão na desinfecção de águas. Para a tomada de decisão entre os métodos selecionados, utilizou-se a análise SWOT, um acrônimo de Forças (*Strengths*), Fraquezas (*Weaknesses*), Oportunidades (*Opportunities*) e Ameaças (*Threats*), e análise multicritério por médias ponderadas.

Resultados e Discussão

A partir do levantamento e análise de artigos científicos, foi possível agrupá-los em três grupos de acordo com os métodos aplicados para a realização da cavitação hidrodinâmica aplicada ao tratamento de água, sendo eles a placa de orifícios, o cilindro de cortes dentados e o tubo venturi.

A partir dos resultados obtidos nesta etapa, realizou-se, a análise pelo método S.W.O.T para identificar os pontos fortes e fracos da aplicação de cada método na desinfecção da água, e as oportunidades e ameaças que poderiam ser encontradas (Figuras 1 a 3).

Strengths

Existência de estudos que comprovam a eficiência da tecnologia na desinfecção de água, atingindo potabilidade.
Existência de vasta literatura sobre comportamento hidráulico do dispositivo e dos fatores intervenientes do processo como velocidade, pressão de entrada, temperatura da água, entre outros.
Baixo custo e muito fácil operação.
Baixo ou nenhum consumo de energia.
Baixa manutenção, considerando substituição quando ocorrer desgaste do dispositivo pelo uso.
Investimento baixo.
Baixa produção de ruído.

Opportunities

Desenvolvimento de tecnologia de produção limpa.
Aplicação em sistema de pequeno porte.
Existência de estrutura e potencial na universidade para conduzir pesquisa de desinfecção da água sem ou minimizando a aplicação de químicos

Weaknesses

Existência de pesquisas que indicam o tempo para desinfecção como não ideal.
Existência de pesquisas que indicam a operação do dispositivo em combinação com desinfetantes químicos para otimizar o tempo de desinfecção.
Experimentos normalmente utilizam baixa vazão.

Threats

Fabricação da peça em processo de usinagem.
Custo para montagem do aparato experimental para condução do experimento em escala de bancada na universidade

Figura 1 - Placa de orifícios

Strengths

Existência de estudos que comprovam a eficiência da tecnologia na desinfecção de água, atingindo potabilidade.
Existência de vasta literatura sobre comportamento hidráulico do dispositivo e dos fatores intervenientes do processo como velocidade, pressão de entrada, temperatura da água, entre outros.
Existência de pesquisas que indicam o tempo para desinfecção como satisfatório, mesmo sem a adição de químicos.
Existência de experimentos realizados que indicam vazão de tratamento satisfatória.
Baixo custo e fácil operação
Consumo de energia médio.
Baixa manutenção, considerando substituição quando ocorrer desgaste do dispositivo pelo uso.
Investimento relativamente baixo (maior que o anterior)
Baixa produção de ruído.

Opportunities

Desenvolvimento de tecnologia de produção limpa.
Aplicação em sistema de tratamento de pequeno porte.
Existência de estrutura e potencial na universidade para conduzir pesquisa de desinfecção da água sem a aplicação de produtos químicos.

Weaknesses

Tratando-se de um dispositivo que opera com movimento rotacional, o mesmo necessita de um motor elétrico para que opere, o que ocasiona:
- Um maior consumo de energia, considerando tanto a bomba para circular água no sistema como o dispositivo de cavitação operando com motor elétrico
- Uma maior manutenção e mais difícil operação quando comparado ao método anterior
- Investimento relativamente baixo, porém maior que os outros métodos.
- Considerando dois motores operando ao mesmo tempo, tem-se uma maior produção de ruído

Threats

Fabricação da peça em processo de usinagem.
Custo para montagem do aparato experimental para condução do experimento em escala de bancada na universidade (maior que os outros métodos).

Figura 2 - Cilindro de cortes dentados

Strengths

Existência de estudos que comprovam a eficiência da tecnologia na desinfecção de água, atingindo potabilidade.
Existência de vasta literatura sobre comportamento hidráulico do dispositivo e dos fatores intervenientes do processo como velocidade, pressão de entrada, temperatura da água, entre outros.
Baixo custo e muito fácil operação.
Baixo ou nenhum consumo de energia.
Baixa manutenção, considerando substituição quando ocorrer desgaste do dispositivo pelo uso.
Investimento baixo.
Muito baixa produção de ruído.

Opportunities

Desenvolvimento de tecnologia de produção limpa.
Aplicação em sistema de tratamento de pequeno porte,
Existência de estrutura e potencial na universidade para conduzir pesquisa de desinfecção da água sem ou minimizando a aplicação de químicos

Weaknesses

Existência de pesquisas que indicam o tempo para desinfecção como não ideal.
Existência de pesquisas que indicam a operação do dispositivo em combinação com desinfetantes químicos para otimizar o tempo de desinfecção.
Experimentos normalmente utilizam baixa vazão.

Threats.

Custo para montagem do aparato experimental para condução do experimento em escala de bancada na universidade (menor que os anteriores).

Figura 3 - Tubo Venturi

A partir dos resultados da análise SWOT, foi possível identificar os fatores a serem analisados na avaliação das alternativas de projeto. Para a avaliação das alternativas e para auxiliar na tomada de decisão, utilizou-se o método de análise multicritério por média ponderada, no qual foram consideradas as principais características dos diferentes dispositivos em operação, como eficiência na desinfecção, onde inclui-se o uso ou não de produtos químicos para auxílio da mesma, tempo para atingir a potabilidade da água, consumo de energia, investimento necessário para projeto e capacidade de vazão, como apresentado na Tabela 1. Os resultados apontaram o cilindro de cortes dentados como a melhor opção. Neste método o reator é composto por um conjunto motor-bomba centrífuga, com um rotor e estator adaptados, formando um sistema reacional operando de forma contínua e em alta

velocidade de rotação, com ocorrência de cavitação em seu interior. Ainda devem ser previstos a instalação de um inversor de frequência acoplado ao motor e de instrumentos de monitoramento: vazão, pressão, temperatura e rotação dos rotores.

Tabela 1 – Análise Multicritério.

Critérios	Peso necessário	Placa de orifícios		Cilindro de cortes dentados		Tubo Venturi.	
		Pontuação	Pontuação ponderada	Pontuação	Pontuação ponderada	Pontuação	Pontuação ponderada
Eficácia na desinfecção	5	3	15	5	25	3	15
Custo de projeto	1	4	4	3	3	5	5
Consumo de energia/tempo	3	5	15	3	12	5	15
Capacidade de vazão	3	3	9	5	15	3	9
Pontuação total	-	-	43	-	55	-	44

Conclusões

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que o cilindro de cortes dentados é dito satisfatório para a elaboração de um projeto em escala de bancada, este, apesar de possuir um maior custo de projeto e maior consumo de energia/tempo, quando comparado aos outros métodos, não necessita de um aumento relevante no investimento. Além disso, o mesmo mostrou grande eficácia na desinfecção de água mesmo sem a adição de desinfetantes químicos, operando com uma boa capacidade de vazão. Dessa forma, o cilindro foi o método selecionado, sendo assim possível, em uma próxima etapa, estudar experimentalmente a eficiência do tratamento de água a partir da cavitação hidrodinâmica.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao programa PIC-UEM pela oportunidade de desenvolver o trabalho.

Referências

GOGATE, P. R. (2007) **Application of cavitational reactors for water disinfection: Current status and path forward**. Journal of Environmental Management, 85, 801-815.

JYOTI, K. K.; PANDIT, A. B. (2004) **Ozone and cavitation for water disinfection**. Biochemical Engineering Journal, Mumbai, 18, 9-19.

MEYER, S. T. (1994) **O uso do Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública**, Cad. Saúde. Públ., Rio de Janeiro, 10 (1), 99-110.