

Propriedades físico-químicas da água ativada por plasma não térmico: análise comparativa de diferentes tipos de água

Physicochemical properties of non-thermal plasma-activated water: a comparative analysis of different water types

RESUMO

A água ativada por plasma (PAW) tem se destacado como uma tecnologia inovadora e sustentável, com potencial de aplicação em áreas como agricultura, saúde e tratamento de efluentes. Este estudo teve como objetivo caracterizar as propriedades físico-químicas da PAW obtida a partir de diferentes tipos de água (deionizada, destilada, filtrada e de torneira), ativadas por plasma frio atmosférico em reatores desenvolvidos no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e na Universidade Brasil (UB). Foram analisados parâmetros como pH, condutividade elétrica, potencial de oxirredução (ORP), sólidos totais dissolvidos (TDS) e espectros UV-Vis, visando identificar a formação e estabilidade de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (RONS). Os resultados indicaram redução significativa do pH (2,90 - 3,09) em todas as amostras, acompanhada pelo aumento da condutividade e do ORP, confirmando a geração de um meio altamente oxidante. A espectrofotometria revelou picos característicos de H_2O_2 , HNO_2 , NO_3^- , NO_2^- e O_3 , corroborando os testes qualitativos com tiras reagentes. As análises comparativas entre os dois laboratórios demonstraram reprodutibilidade e robustez do processo de ativação, independentemente da fonte de água. Conclui-se que a ativação por plasma modifica de forma consistente as propriedades físico-químicas da água, conferindo-lhe características relevantes para aplicações que exploram sua elevada acidez, condutividade e capacidade oxidativa.

Palavras-chave: Plasma não térmico; Água ativada por plasma; Propriedades físico-químicas; Espécies reativas; Tecnologias sustentáveis.

ABSTRACT

Plasma-activated water (PAW) has emerged as an innovative and sustainable technology with potential applications in agriculture, healthcare, and wastewater treatment. This study aimed to characterize the physicochemical properties of PAW produced from different water types (deionized, distilled, filtered, and tap water), activated by atmospheric cold plasma using reactors developed at the Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) and Universidade Brasil (UB). Parameters such as pH, electrical conductivity, oxidation-reduction potential (ORP), total dissolved solids (TDS), and UV-Vis spectra were analyzed to identify the formation and stability of reactive oxygen and nitrogen species (RONS). Results showed a significant decrease in pH (2.90–3.09) in all samples, along with increased conductivity and ORP, confirming the generation of a highly oxidizing medium. UV-Vis spectrophotometry revealed characteristic peaks of H_2O_2 , HNO_2 , NO_3^- , NO_2^- , and O_3 , consistent with qualitative strip tests. Comparative analyses between the two laboratories demonstrated reproducibility and robustness of the activation process, regardless of water source. In conclusion, plasma activation consistently modifies the physicochemical properties of water, conferring relevant features such as increased acidity, conductivity, and oxidative capacity, which are valuable for diverse applications.

Keywords: Non-thermal plasma; Plasma-activated water; Physicochemical properties; Reactive species; Sustainable technologies

D.C. Santos

<https://orcid.org/0009-0004-5160-6835>

Universidade Brasil (UB),
Campus Fernandópolis, São
Paulo, Brasil

N. F. A. Neto

<https://orcid.org/0000-0003-2531-7824>

Laboratório de Plasmas e Processos,
Instituto de Tecnologia Aeronáutica
(ITA), São José dos Campos, São
Paulo, Brasil

L.S. Nascimento

<https://orcid.org/0000-0001-6829-3258>

Universidade Brasil (UB),
Campus Fernandópolis, São
Paulo, Brasil

R.S. Pessoa

<https://orcid.org/0000-0001-7600-9747>

Laboratório de Plasmas e Processos,
Instituto de Tecnologia Aeronáutica
(ITA), São José dos Campos, São
Científico Paulo, Brasil

L. dos Santos *

<https://orcid.org/0000-0002-6363-6837>

Instituto e Tecnológico,
Universidade Brasil (UB), São
Paulo, São Paulo, Brasil

*Autor correspondente

1 INTRODUÇÃO

O estudo da água ativada por plasma não térmico (PAW) tem se intensificado nos últimos anos, em razão de seu potencial para aplicações em áreas como agricultura, saúde e tratamento de efluentes.¹ A exposição da água ao plasma produzido em pressão atmosférica gera o que se denomina de PAW, resultante da interação de um gás ionizado com o meio líquido. Nesse processo, espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (RONS) são produzidas a partir da fase gasosa do plasma e da interface plasma-líquido, alterando as características químicas do fluido.^{2,3}

O uso do ar atmosférico na ativação de líquidos promove reações físico-químicas que resultam na formação de RONS, principais constituintes da PAW. Fatores como o tipo de gás utilizado, a potência aplicada, o design do reator e as interações moleculares na interface plasma-líquido influenciam diretamente a composição, a concentração e a estabilidade dessas espécies, além de modificarem parâmetros como a acidez da solução.⁴

Entre os parâmetros físico-químicos mais relevantes na caracterização da PAW destacam-se o pH, a condutividade elétrica e os espectros de absorção eletromagnética. Tais variáveis são fortemente dependentes do sistema de geração do plasma, da configuração experimental, do tipo e volume de líquido ativado e do gás de trabalho empregado. A compreensão desses fatores é essencial para a padronização dos métodos de produção da PAW e para sua aplicação em diferentes contextos.

A PAW caracteriza-se pela presença de espécies reativas de longa duração, como peróxido de hidrogênio (H_2O_2), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-), que conferem ao líquido propriedades químicas específicas. Assim, avaliar parâmetros físico-químicos durante e após a ativação é fundamental para determinar a estabilidade do material e o tempo de permanência das espécies ativas. Este estudo tem como objetivo analisar comparativamente as propriedades físico-químicas da PAW obtida a partir de diferentes tipos de água, buscando compreender a influência do plasma frio atmosférico sobre suas características e potenciais aplicações.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local

O delineamento experimental foi conduzido no laboratório de Engenharia Química da Universidade Brasil – Campus – Fernandópolis – SP e também foi realizado experimentações no laboratório de Plasma e Processos do Instituto Tecnológico de Aeronáutica em São José dos Campos

– SP com a finalidade de comparação dos resultados obtidos. Por tratar-se de um estudo estritamente de bancada experimental, sem a participação de animais ou humanos não foi necessário submissão para o Comitê de Ética em Pesquisas em Animais ou em Humanos. Apesar dos dados coletados em ambos os laboratórios (UB e ITA) foram comparados entre si, ressalta-se que devido à disponibilidade de alguns equipamentos, algumas medidas foram obtidas somente em um laboratório.

2.2. Gerador de alta tensão

O arranjo experimental utilizado neste estudo foi composto por um reator de plasma, uma fonte de alimentação de alta tensão, um osciloscópio e um suporte para substrato. O jato de plasma de arco deslizante (Gliding Arc Plasma Jet – GAPJ) foi gerado em uma configuração de Reator de Fluxo Vórtice Avançado (FVFR), cuja região externa compreende tanto a pluma de plasma quanto as áreas de pós-descarga.^{5,2}

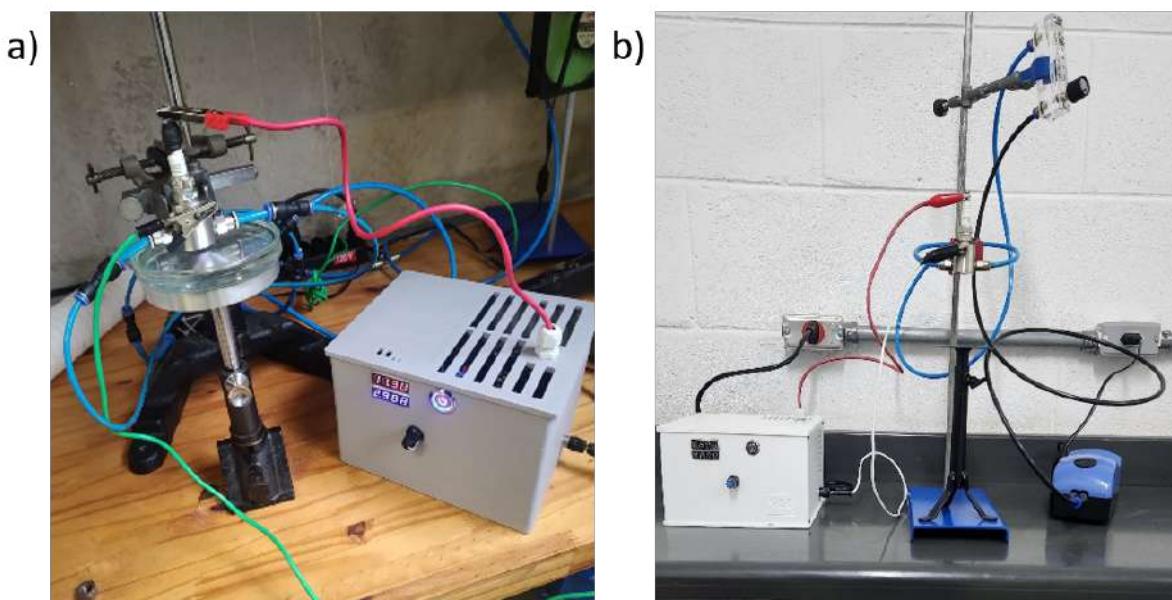
O gás empregado no processo foi o ar atmosférico, fornecido por um compressor de ar com vazão de 5 L/min. Essa taxa foi escolhida para favorecer a formação de uma descarga contínua de arco deslizante com o menor fluxo possível, conforme demonstrado por Doria et al. (2019). A alimentação do sistema foi realizada por uma fonte de alta tensão desenvolvida no Laboratório de Plasmas e Processos do Departamento de Física do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), operando a uma frequência de aproximadamente 20 kHz.

2.3 Reator de ativação da água

O reator empregado para a ativação da água destilada foi projetado conforme segue: o sistema de descarga elétrica é configurado acima da superfície líquida e é composto por: um fonte de alta tensão, um sistema de descarga elétrica em arco gerado por vela automotiva, um dispositivo de circulação de ar em vórtex e um sistema de ar comprimido, produzido por um compressor Wayne modelo W84011H de 425 L.

Esse arranjo experimental permitiu a geração de plasma frio atmosférico diretamente em contato com a superfície da água, promovendo sua ativação. O reator utilizado no ITA é apresentado na Figura 1a, enquanto o modelo empregado na Universidade Brasil (Campus de Fernandópolis) pode ser observado na Figura 1b.

Figura 1. Modelo do Reator de Ativação da Água: a) no ITA e b) na UB.



Fonte: Própria, 2025.

2.4 Caracterização da água destilada ativada por plasma

A caracterização da água ativada por plasma (PAW) foi realizada sob condições padronizadas. Em cada ensaio, foram ativados volumes de água de (40 ± 10) mL durante 30 minutos, utilizando fluxo de ar de 5 L/min e mantendo-se uma distância aproximada de 1 a 2 mm entre os eletrodos e a superfície do líquido. Após a ativação, as amostras coletadas (40 ± 10 mL) foram submetidas à análise de pH, condutividade elétrica, temperatura e concentração de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (RONS), utilizando equipamentos previamente calibrados em bancada. Para comparação, diferentes tipos de água foram testados nos dois laboratórios: deionizada, filtrada, de torneira e destilada.

A água deionizada foi obtida por troca iônica, sendo livre de sais minerais como cálcio, magnésio, sódio e cloro, embora não necessariamente estéril ou isenta de contaminantes orgânicos. A água filtrada, adequada para consumo humano, passou por processos físicos de remoção de sedimentos, cloro e microrganismos, mantendo parte dos minerais. A água de torneira corresponde àquela fornecida pela rede pública de abastecimento, tratada com cloro e flúor, podendo conter traços de metais e resíduos do encanamento. Já a água destilada foi purificada por destilação, eliminando sais minerais e compostos voláteis, sendo comumente empregada em laboratórios, cosméticos e baterias.

A determinação da concentração de RONS foi realizada por espectrofotometria UV-Vis,

utilizando um espectrofotômetro digital GTA-96 (190–1000 nm), configurado com resolução espectral de 0,2 nm, precisão instrumental de 0,001 e velocidade de varredura de 120 nm:min⁻¹. As amostras ($1 \pm 0,5$ mL) foram acondicionadas em cubetas de quartzo (3,5 mL, caminho óptico de 10 mm, dois lados polidos). Inicialmente, um espectro de fundo foi obtido com cubeta vazia, seguido da linha de base utilizando água destilada (pH = 6,7). Em seguida, alíquotas de PAW (pH 2,7; 3,1; 3,5) foram analisadas conforme descrito em^{6,2}

Os espectros de absorção obtidos na região do ultravioleta profundo foram submetidos à desconvolução matemática para identificar espécies de longa duração, incluindo peróxido de hidrogênio (H₂O₂), ácido nitroso (HNO₂), nitrito (NO₂⁻) e nitrato (NO₃⁻). Para tanto, empregaram-se funções gaussianas, de modo que a soma das curvas representasse adequadamente o envelope experimental. O modelo com seis funções gaussianas foi aplicado para determinar os picos característicos de H₂O₂ (190 nm)^{6,2}, HNO₂ (195 nm), NO₃⁻ (202–205 nm; 218–222 nm)^{6,2}, NO₂⁻ (210–214 nm; 230 nm)^{6,2} e O₃ (240–260 nm).

Observou-se que, em amostras de PAW com pH 2,7, o espectro apresenta um ombro com pico em 230 nm, distinto da suavidade observada para pH 3,1 e 3,5. Nesses casos, foi necessária a inclusão de uma sétima função gaussiana para melhor ajuste dos dados experimentais. Essa curva adicional não compromete os resultados, mas representa uma nova posição de pico atribuída ao NO₂⁻, em concordância com a literatura⁷.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, são apresentados os resultados obtidos no delineamento do projeto. O delineamento do trabalho envolveu a produção da água ativada e a caracterização de suas propriedades físico-químicas, com experimentos realizados em dois laboratórios distintos: um localizado no Campus de Fernandópolis da Universidade Brasil (UB) e outro no Laboratório de Processos e Plasmas do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), em São José dos Campos – SP.

3.1 Obtenção das águas ativadas

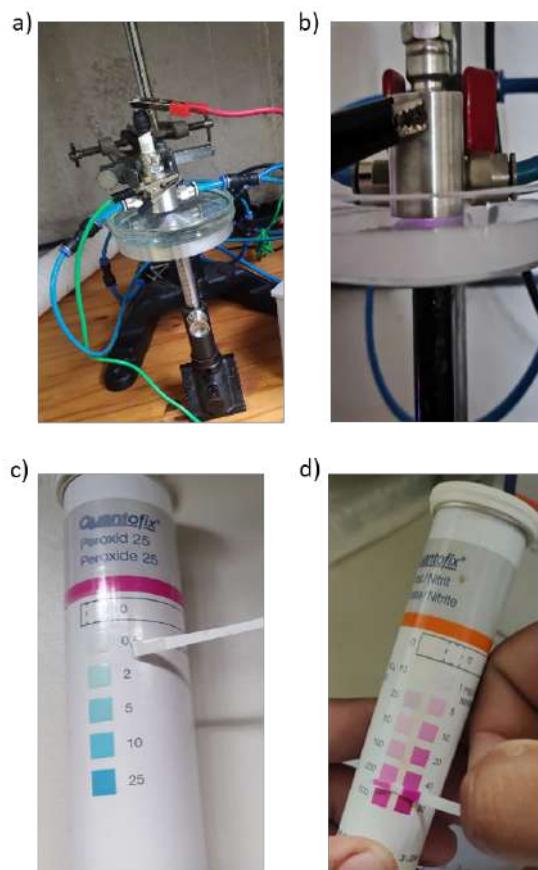
A Figura 2 apresenta o processo experimental para a obtenção da PAW e sua caracterização química. Nas Figuras 2a e 2b observa-se o sistema de geração de plasma frio atmosférico, constituído por um reator dielétrico com eletrodos metálicos acoplados a uma fonte de alta tensão (identificada pelos cabos de conexão). O ar atmosférico foi utilizado como gás de trabalho e, quando submetido à

descarga elétrica, originou um plasma entre os eletrodos. Esse plasma gera um campo ionizado rico em espécies reativas de oxigênio (ROS) e nitrogênio (RNS), coletivamente denominadas RONS. Essas espécies são transferidas para a água posicionada abaixo do jato de plasma, promovendo sua ativação — isto é, a modificação das propriedades químicas do líquido em razão da incorporação de compostos reativos.

As Figuras 2c e 2d apresentam a caracterização qualitativa e semi-quantitativa da PAW por meio de tiras reagentes. O tubo *Quantofix Peroxid 25* foi empregado para detecção de peróxidos, cuja concentração é indicada pela mudança de coloração da fita, principalmente relacionada ao peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Já o tubo *Quantofix Nitrate/Nitrite* permitiu a identificação de nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-), espécies reativas de nitrogênio formadas durante o processo de ativação.

De forma resumida, o processo de obtenção da PAW consiste na exposição de diferentes tipos de água (deionizada, de torneira, filtrada e destilada) a uma descarga elétrica em presença de ar atmosférico. O plasma gerado (destacado em tonalidade rosada na Figura 2b) transfere espécies altamente reativas ao líquido, que passam a ser monitoradas por meio de testes colorimétricos, utilizados como indicadores da eficiência e estabilidade do processo de ativação.

Figura 2: Etapas da obtenção da água ativada e caracterização das suas propriedades químicas: a) Ativação da água evidenciando o reator utilizado, b) detalhe da formação do plasma (região de contato “rosada” entre água e vela do reator), c) fita de medição de peróxido (0,5 – 25 mg/L), d) fita de medição de nitrato/nitrito (mg/L) presentes na água.



Fonte: Própria, 2025

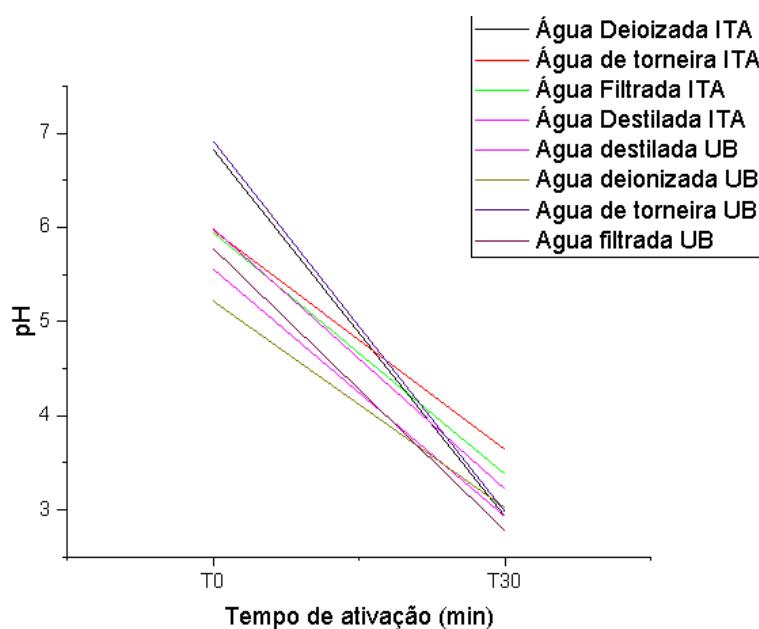
3.2 Comparação do pH

As leituras de pH evidenciaram redução em todas as amostras de água ativada, tanto nos experimentos realizados no ITA quanto na Universidade Brasil. A Figura 3 apresenta os resultados obtidos em ambos os laboratórios, confirmando que, independentemente do tipo de água, o plasma apresentou elevada eficiência na modificação da acidez. O plasma não térmico, ao interagir com a água, promove a formação de espécies reativas como radicais hidroxila (OH^{\cdot}), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), ozônio (O_3), óxidos de nitrogênio (NO , NO_2^-) e ácidos (HNO_2 , HNO_3), responsáveis pela acidificação do meio⁸. A dissolução de óxidos de nitrogênio na água gera ácidos nítrico e nitroso, reduzindo o pH, enquanto ozônio e peróxido de hidrogênio exercem efeito menos pronunciado. Além disso, o campo elétrico do plasma promove a dissociação da água em H^+ e OH^- ,

sendo os prótons (H^+) determinantes para a diminuição do pH.⁹

O grau de acidificação depende do tipo de gás utilizado (ar ou argônio), da potência aplicada e do tempo de exposição, podendo levar o pH a valores entre 2,5 e 4,5 sob condições prolongadas, fato relevante para aplicações em desinfecção e tratamento de efluentes.⁸ No presente estudo, utilizando exclusivamente ar atmosférico em sistema *Gliding arc*, os valores de pH variaram entre 2,90 e 3,09.

Figura 3: Comparação do pH na pré e pós ativação das águas em seus respectivos locais de experimentações



Fonte: Própria, 2025

3.3 Comparação da Condutividade

A condutividade elétrica das amostras aumentou após a ativação, conforme demonstrado na Figura 4. Esse comportamento está associado à maior dispersão iônica na solução, promovida tanto pela dissociação da água sob campo elétrico quanto pela reação com espécies ativas de oxigênio e nitrogênio presentes no plasma.

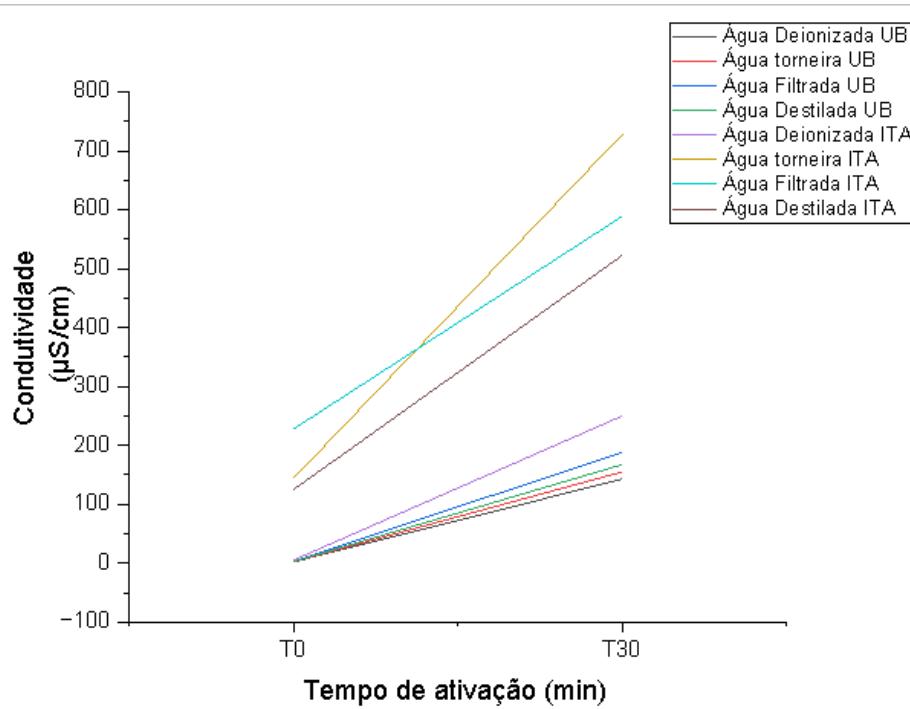
Esses íons atuam como transportadores de carga elétrica, elevando a condutividade de maneira proporcional à intensidade e ao tempo de exposição. Estudos prévios indicam que a condutividade da água pode aumentar de dezenas para centenas, ou até milhares de $\mu\text{S}/\text{cm}$, efeito mais acentuado em atmosferas ricas em nitrogênio devido à formação de ânions condutivos, como nitrato (NO_3^-) e nitrito

(NO_2^-) (Jiang et al., 2014).

Observou-se que águas purificadas (destilada e deionizada) apresentaram maior variação relativa na condutividade, devido à introdução de novos íons (H^+ , NO_3^-), enquanto águas naturais (de torneira e filtrada) apresentaram incrementos absolutos mais elevados, resultado da interação do plasma com sais já presentes. O aumento foi mais intenso nos primeiros 30 minutos de ativação, seguindo padrão não linear que sugere tendência à saturação. Esse comportamento foi particularmente evidente nos experimentos com ar atmosférico, em razão da elevada produção de espécies nitrogenadas condutivas (NO_3^- , NO_2^-).

Essas alterações possuem implicações práticas para aplicações que exigem controle rigoroso da qualidade da água, como processos industriais e de purificação, nos quais a condutividade é utilizada como indicador da eficiência do tratamento e da introdução de espécies iônicas.^{11,10}

Figura 4: Comparação da Condutividade na pré e pós ativação das águas dados coletados no ITA



Fonte: Própria, 2025

3.4 Comparação da Potencial de Oxidação-Redução (ORP)

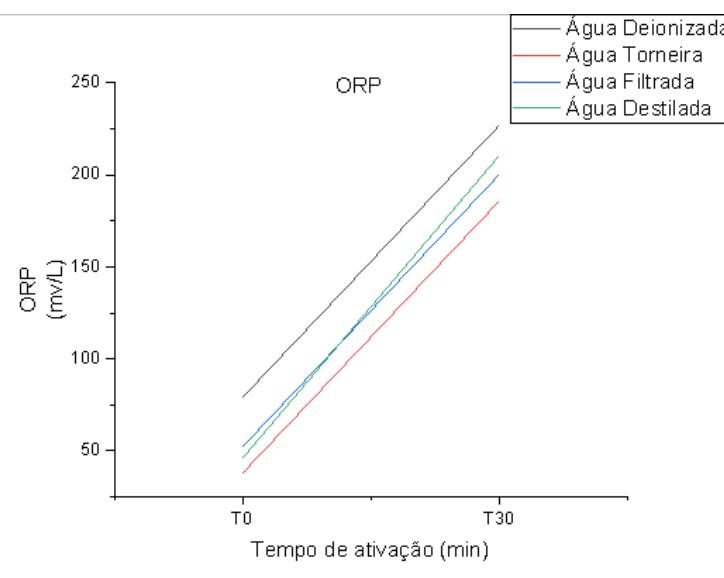
O potencial de oxidação-redução (ORP) foi analisado apenas nos experimentos conduzidos no ITA, como mostrado na Figura 5. Os resultados evidenciaram elevação significativa do ORP após a

ativação, indicando que o plasma não térmico promove a geração de um meio altamente oxidante.

Essa característica está relacionada à formação de espécies como radicais hidroxila (OH^{\cdot}), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), ozônio (O_3) e óxidos de nitrogênio (NO_x), compostos reconhecidos por sua alta capacidade oxidativa. O aumento foi mais pronunciado quando se utilizou ar atmosférico como gás de trabalho, favorecendo a formação de oxidantes fortes, em comparação a atmosferas inertes (ex.: argônio), que produzem efeito menos intenso.

A literatura reporta que o ORP da água ativada pode alcançar valores entre +500 e +800 mV, elevando-se rapidamente nos primeiros minutos de exposição e estabilizando-se em patamares elevados em função da potência e do tempo de ativação.¹¹ Valores superiores a +600 mV são considerados críticos para garantir ação microbicida e degradação de contaminantes por processos oxidativos avançados. Assim, os achados deste estudo reforçam o papel do ORP elevado como parâmetro fundamental para aplicações em desinfecção e purificação de águas.

Figura 5: Comparação do ORP no pré e pós ativação das águas



Fonte: Própria, 2025.

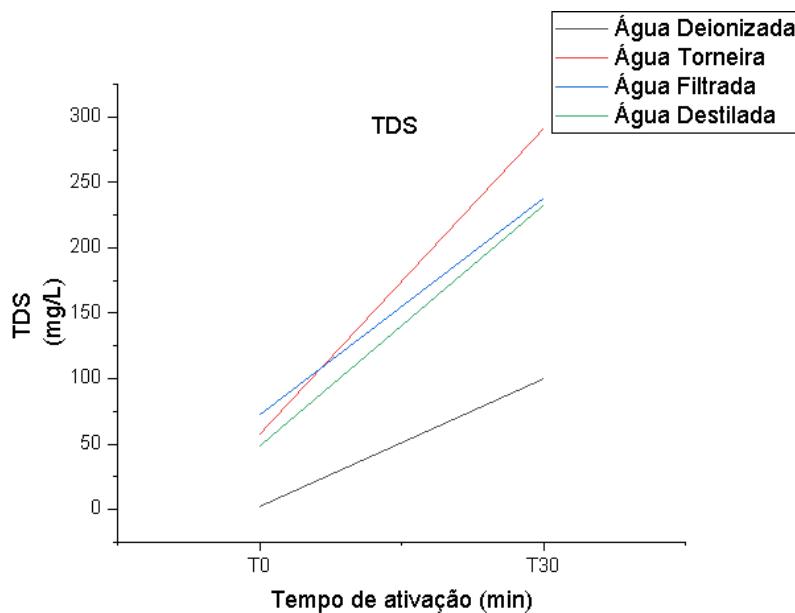
3.5 Comparação da Total de Sólidos Dissolvidos (TDS)

O parâmetro de sólidos totais dissolvidos (TDS) também foi avaliado apenas no ITA (Figura 6), sendo utilizado como indicador da concentração de sais e minerais presentes nas amostras. O TDS apresentou variação conforme o tipo de água analisado. A água deionizada (0 - 5 mg/L) e a água destilada (0 - 10 mg/L), ambas com baixo teor mineral, apresentaram os menores valores, como

esperado, sendo adequadas para usos laboratoriais e industriais, mas não recomendadas para consumo humano devido à ausência de minerais essenciais. Já a água de torneira apresentou valores intermediários (50 - 300 mg/L), refletindo sua composição mineral típica de abastecimento público. A água filtrada apresentou valores variáveis (30 - 150 mg/L), dependentes do tipo de filtração empregado.

Esses resultados estão em conformidade com os limites estabelecidos na literatura, que indicam como ideal, para consumo humano, valores entre 50 e 200 mg/L. Níveis inferiores a 30 mg/L (água desmineralizadas) ou superiores a 500 mg/L (água salobras ou contaminadas) não são recomendados. Para aplicações técnicas, como em laboratórios, a água deionizada e a destilada permanecem como opções preferenciais. Assim, a análise do TDS complementa a caracterização da PAW ao indicar a contribuição dos íons dissolvidos antes e após a ativação.

Figura 6: Comparação do TDS no pré e pós ativação das águas



Fonte: Própria, 2025.

3.6 Comparação da Espectrofotometria

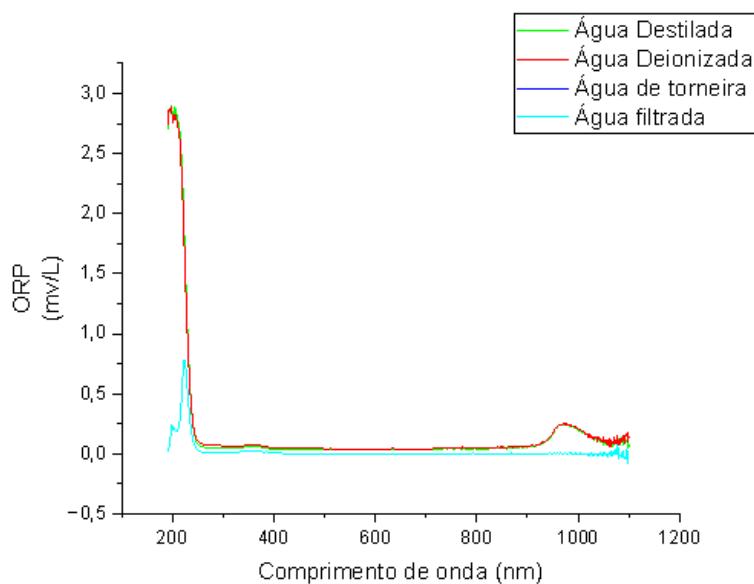
As Figuras 7 e 8 apresentam os espectros obtidos por espectrofotometria UV-Vis, em tempo real durante a ativação (Figura 7) e após 30 minutos de exposição (Figura 8). A análise permitiu identificar diferenças notáveis entre os tipos de água utilizados e confirmar a formação de espécies reativas específicas. Os picos de absorção observados correspondem às espécies relatadas na

literatura, sendo identificados: H_2O_2 (190 nm)^{6,2} HNO_2 (195 nm), NO_3^- (202–205 nm; 218–222 nm)^{6,2} NO_2^- (210–214 nm; 230 nm)^{6,2} e O_3 (240–260 nm).

Nos espectros referentes à PAW com pH 2,7, observou-se um ombro em torno de 230 nm, diferindo do comportamento mais suave encontrado nos espectros de pH 3,1 e 3,5. Para representar adequadamente esses dados, foi necessária a inclusão de uma sétima função gaussiana, a qual descreveu uma nova posição de pico atribuída ao NO_2^- .⁷

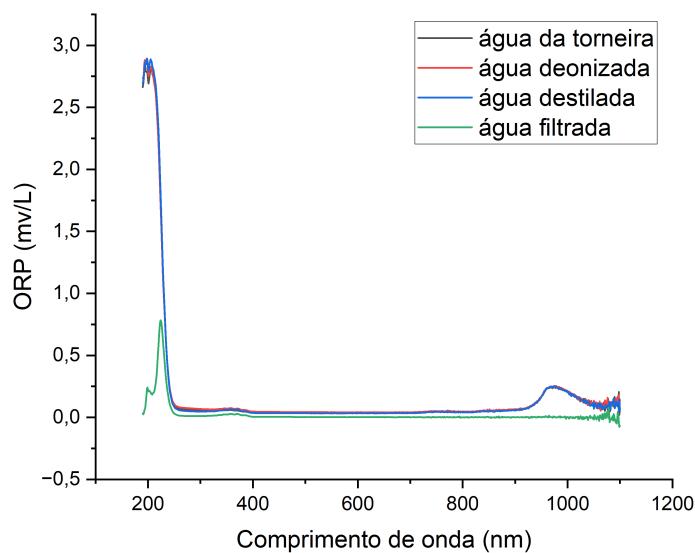
A análise estática complementou a espectroscopia em tempo real, fornecendo um segundo parâmetro para avaliação, sem a necessidade de tempo adicional de espera. Ambas as abordagens demonstraram consistência, reforçando a confiabilidade do método. A utilização de funções gaussianas para a desconvolução espectral permitiu a identificação precisa das espécies reativas de longa duração, corroborando os resultados obtidos pelas análises físico-químicas e pelos testes qualitativos.

Figura 7: Espectros UV-vis de tempo real para os diferentes tipos de água.



Fonte: Própria, 2025.

Figura 8: Espectro UV-vis para cada tipo de água.



Fonte: Própria, 2025.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo investigou a produção e a caracterização físico-química da água ativada por plasma não térmico (PAW) obtida por descarga dielétrica em ar atmosférico. Os resultados confirmaram que o processo de ativação por plasma é altamente eficaz em modificar as propriedades da água, independentemente do tipo de amostra utilizada (deionizada, destilada, filtrada ou de torneira).

Entre os parâmetros analisados, a redução consistente do pH (valores entre 2,90 e 3,09) destacou-se como um dos efeitos mais relevantes, evidenciando a acidificação promovida pela formação de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, como ácidos nítrico (HNO_3) e nitroso (HNO_2). Da mesma forma, a condutividade elétrica apresentou aumento significativo em todas as amostras, reflexo da maior dispersão iônica gerada pela interação entre plasma e líquido, especialmente pronunciada em águas de baixa condutividade inicial. O potencial de oxirredução (ORP), avaliado nos experimentos conduzidos no ITA, demonstrou elevação substancial, indicando a formação de um meio altamente oxidante. Essa característica, aliada à redução do pH e ao aumento da condutividade,

confere à PAW um perfil químico promissor para aplicações em desinfecção, esterilização e tratamento de águas. A espectrofotometria UV-Vis confirmou a presença de espécies reativas de longa duração, com picos característicos atribuídos ao H₂O₂, HNO₂, NO₃⁻, NO₂⁻ e O₃. Esses achados corroboram os testes qualitativos e semi-quantitativos realizados com tiras reagentes, validando o processo de ativação e a estabilidade das espécies geradas.

Em conjunto, os resultados obtidos demonstram que a ativação por plasma frio atmosférico é uma técnica robusta, reproduzível e eficiente para modificar as propriedades da água, tornando-a um agente com elevado potencial de aplicação em diferentes áreas. Estudos futuros devem se concentrar na avaliação da estabilidade temporal das espécies reativas formadas, bem como na otimização dos parâmetros de geração do plasma para adequação a finalidades específicas em setores como agricultura, medicina e tratamento de efluentes.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram que não há conflitos de interesse. Não há interesses políticos, financeiros ou comerciais associados a patentes, propriedade intelectual, provisão de materiais, insumos ou equipamentos utilizados, provenientes de fabricantes ou terceiros que possam influenciar os resultados ou a interpretação dos dados apresentados,

AGRADECIMENTOS

D. C. dos Santos agradece ao CNPq (processo 127329/2024-2) pela bolsa de Iniciação Científica. L. dos Santos agradece ao CNPq (processo 304967/2024-6) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

1. Filgueira, GA. Estudo do efeito da água ativada por plasma no crescimento de plantas, 2020. Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia em Microeletrônica) – Faculdade de Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/4912>
2. Sampaio, AG, Chiappim, W, Milhan, NVM, Botan Neto, B, Pessoa, R, Koga-Ito, CY. Effect of the PH on the Antibacterial Potential and Cytotoxicity of Different Plasma-Activated Liquids. Int J Mol Sci, 23, 2022. DOI 10.3390/ijms232213893.

3. Patra, A, et al. Effect of Plasma Activated Water (PAW) on physicochemical and functional properties of foods. *Food Control*, v. 142, 109268, 2022. DOI 10.1016/j.foodcont.2022.109268.
4. Cubas, ALV et al. Influence of non-thermal plasma reactor geometry and plasma gas on the inactivation of *Escherichia coli* in water, *Chemosphere*, v. 277, 2021. DOI 10.1016/j.chemosphere.2021.130255
5. Doria, ACOC, Figueira, FR, De Lima, JSB, Figueira, JAN, Castro, AHR, Sismanoglu, BN, Petraconi, G, Maciel, HS, Khouri, S, Pessoa, RS. Inactivation of *Candida Albicans* Biofilms by Atmospheric Gliding Arc Plasma Jet: Effect of Gas Chemistry/Flow and Plasma Pulsing. *Plasma Research Express*, 1, 2019. DOI 10.1088/2516-1067/aae7e1
6. Oh, JS, Szili, EJ, Ogawa, K, Short, RD, Ito, M, Furuta, H, Hatta, A. UV-Vis Spectroscopy Study of Plasma-Activated Water: Dependence of the Chemical Composition on Plasma Exposure Time and Treatment Distance. *Jpn J ApplPhys*, 57, 2018. DOI 10.7567/JJAP.57.0102B9.
7. Szili, EJ, Oh, JS, Hong, SH, Hatta, A, Short, RD. Probing the Transport of Plasma-Generated RONS in an Agarose Target as Surrogate for Real Tissue: Dependency on Time, Distance and Material Composition. *J Phys D Appl Phys*, 48, 2015. DOI 10.1088/0022-3727/48/20/202001.
8. Bruggeman, P. J. et al. Plasma-liquid interactions: A review and roadmap. *Plasma Sources Science and Technology*, v. 25, n. 5, p. 053002, 2016. DOI 10.1088/0963-0252/25/5/053002
9. Lukes, P, Dolezalova, E, Sisrova, I, Clupek, M. Multiscale modelling of plasma–wall interactions in fusion reactor conditions, 2014. DOI 10.1088/0022-3727/47/22/224018
10. Jiang, B. et al. Effects of non-thermal plasma on water conductivity and reactive species generation. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, v. 34, n. 5, p. 1037-1050, 2014. DOI 10.1007/s11090-014-9556-y
11. Zhou, R. et al. Effects of atmospheric-pressure non-thermal plasma jets on aqueous solutions: pH, ORP, and nitrate formation. *Plasma Processes and Polymers*, v. 15, n. 6, p. e1700235, 2018. DOI 10.1002/ppap.201700235

Recebido: 10/07/2025

Aprovado: 10/11/2025

DOI: <https://doi.org/10.63021/issn.2965-8845.v3n1a2025.258>

Como citar: D.C. Santos *et al.* Propriedades físico-químicas da água ativada por plasma não térmico: análise comparativa de diferentes tipos de água. **Revista VIDA: Ciências da Vida (VICV).** Fernandópolis: Universidade Brasil, 2025. e-ISSN: 2965-8845.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob uma licença [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](#).

