



PROGRAMA DE APOIO À PESQUISA APLICADA – PROAPA

EDITAL Nº 013/2017-GDG-PROAPA

RELATÓRIO FINAL

Agosto/2018 - Fevereiro/2019

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DESCENTRALIZADOS
PARA VIABILIZAÇÃO DE FONTES DE ÁGUA SUBTERRÂNEA E SUPERFICIAL
NO IFCE-MARACANAÚ

Área Temática 1 - Águas

Maracanaú-CE

Fevereiro/2019

RESUMO

O uso de fontes alternativas de água se constitui em uma eficiente medida de gestão estratégica deste recurso, inserindo-se no escopo do conceito de sustentabilidade. O Instituto Federal do Ceará, Campus Maracanaú, possui fontes de água subterrânea e superficial dentro do seu território, porém ambas inoperantes. Sendo um centro universitário com corpo docente atuante no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, o IFCE-Maracanaú se propõe a incentivar estudos que viabilizem o uso destas fontes de água. No presente projeto é pretendido o desenvolvimento de sistemas descentralizados de tratamento de água superficial e subterrânea construídos a partir de materiais de baixo custo. Além do viés financeiro decorrente da redução de custos inerentes ao consumo de água da rede de abastecimento, a inserção do corpo discente na realização de pesquisas e aulas práticas também se constitui objetivo relevante deste estudo. Adicionalmente, a efetivação do uso de água subterrânea justificará o investimento alocado na construção do poço de coleta. Neste relatório são apresentados os resultados iniciais do desenvolvimento do projeto.

1. INTRODUÇÃO

A constante preocupação quanto ao correto uso da água incentiva o desenvolvimento de tecnologias que permitam o aproveitamento de forma eficiente deste recurso. Atualmente, na grande maioria dos edifícios, a água distribuída pelas companhias de abastecimento, a qual possui característica com qualidade para consumo humano, é utilizada sem discriminação para diversos fins: consumo, irrigação e recreação.

O Instituto Federal do Ceará, Campus Maracanaú, também se enquadra na descrição acima. Além do uso inadequado no que se refere à qualidade da água para determinado objetivo, tal consumo indiscriminado onera os custos frente à companhia de abastecimento de água, uma vez que se tem o emprego de água tratada de boa qualidade para fins menos nobres. Em adição a esse contexto, e tendo em vista os impactos financeiros decorrentes do uso exclusivo de água advinda da companhia de abastecimento, o aproveitamento de fontes alternativas deste recurso é imperioso.

O Campus Maracanaú possui dentro de seu território um reservatório de água subterrânea com um poço de coleta já construído, porém atualmente sem utilização deste recurso. Em adição a essa fonte, também no interior do campus, há um ponto de distribuição de água bruta derivada da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará (COGERH). A implantação de sistemas de tratamento destas fontes de água possibilitaria a redução do consumo deste recurso frente à Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), a qual distribui água tratada com qualidade para fins de consumo humano.

Ademais, a implantação destes sistemas permite a inserção da comunidade acadêmica com relação ao desenvolvimento de tecnologias abordadas em conceitos teóricos em disciplinas dos cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária e Licenciatura em Química, ambos do Eixo de Química e Meio Ambiente do referido campus. Com isso, aulas práticas, trabalhos de pesquisa e de conclusão de curso poderão ser executadas no período de instalação dos sistemas, bem como na continuidade do trabalho.

Aspectos relacionados ao uso de técnicas e materiais alternativos aos tipicamente empregados em sistemas de tratamento de água poderão ser investigados, tais como: utilização de sementes de *Moringa oleifera* como coagulante natural em substituição ao alumínio, uso de carvão ativado derivado de resíduos agrícolas, emprego de lâmpadas ultravioleta na etapa de desinfecção em substituição ao cloro.

Neste contexto, a execução deste projeto se constitui em uma medida que proporcionará o desenvolvimento da pesquisa acadêmica e o aprimoramento de conceitos teóricos. Adicionalmente, este estudo contribuirá para redução dos custos relacionados ao consumo de água frente à companhia de abastecimento, além de possibilitar o uso efetivo da água captada do subsolo, justificando a construção do poço.

2. METODOLOGIA PROPOSTA

2.1.Coleta e Caracterização da Água da Bruta (COGERH)

A captação de água bruta foi realizada a partir de um ponto de distribuição da COGERH localizado no interior do IFCE-Maracanaú. As amostras foram submetidas a análises físicas, químicas e microbiológicas para fins de caracterização, conforme metodologia padrão (APHA, 2012). Os parâmetros analisados foram: pH, cor (uH), turbidez (UNT), oxigênio dissolvido (mgO_2/L), ferro ($\text{mg Fe}/\text{L}$), manganês (mgMn/L), sólidos dissolvidos totais (mg/L), cloretos (mgCl^-/L), dureza total (mgCaCO_3/L), DBO (mgO_2/L), DQO (mgO_2/L), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), alcalinidade total (mgCaCO_3/L), coliformes totais (NMP/100mL) e coliformes termotolerantes (NMP/100mL).

2.2.Ensaio de Otimização em Jar Test

Previamente aos estudos de aplicação da metodologia proposta, faz-se necessário a execução de ensaios de otimização das condições reacionais que melhor favoreçam o tratamento da água.

Tipicamente faz-se uso do aparelho Jar Test para determinar as condições ótimas nos estudos de coagulação/floculação/sedimentação no tratamento de água. A metodologia do ensaio utiliza um planejamento experimental multivariado, estratégia que reduz o número de repetições e melhora a qualidade da informação obtida pelos resultados. Para esta metodologia foram escolhidas como variáveis independentes o pH (ajustado com carbonato de sódio, Na_2CO_3), a concentração do coagulante (sulfato de alumínio, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) e o tempo de sedimentação. Os experimentos foram delineados segundo estratégia $2^3 + PC$, onde n representa o número de variáveis e PC é o ponto central entre os valores experimentados, totalizando 9 ensaios (realizados em triplicata). O fator de resposta adotado será a redução de turbidez. A tabela 1 mostra a organização dos ensaios nas concentrações definidas na forma codificada e com os valores reais.

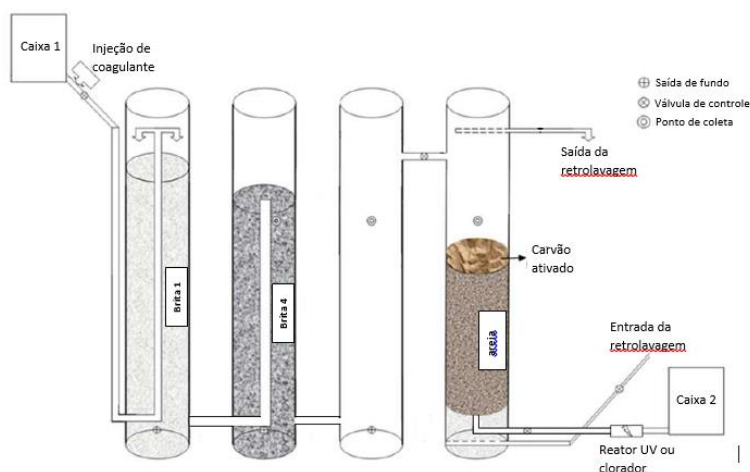
Tabela 1. Planejamento experimental para otimização das condições de coagulação/floculação/sedimentação.

| Ensaio | Valores codificados | | | Valores reais | | |
|--------|---------------------|---|-----------------------------------|---------------|---|-----------------------------------|
| | pH | Coagulante ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, mg/L) | Tempo de sedimentação (min) | pH | Coagulante ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, mg/L) | Tempo de sedimentação (min) |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 8,0 | 100,0 | 60 |
| 2 | +1 | +1 | -1 | 8,0 | 100,0 | 10 |
| 3 | +1 | -1 | +1 | 8,0 | 5,0 | 60 |
| 4 | +1 | -1 | -1 | 8,0 | 5,0 | 10 |
| 5 | -1 | +1 | +1 | 5,0 | 100,0 | 60 |
| 6 | -1 | +1 | -1 | 5,0 | 100,0 | 10 |
| 7 | -1 | -1 | +1 | 5,0 | 5,0 | 60 |
| 8 | -1 | -1 | -1 | 5,0 | 5,0 | 10 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 6,5 | 52,5 | 35 |

2.3. Construção dos Sistemas de Tratamento de Água

A Estação de Tratamento de Água (ETA) consiste de 4 tubos de PVC, sendo o primeiro um floculador preenchido com brita 1 e o segundo outro floculador preenchido com brita 4, o terceiro será um decantador vertical e o último um filtro de fluxo descendente. A Figura 1 apresenta a disposição dos tubos.

Figura 1. Esquema da Estação de Tratamento de Água.



Fonte: adaptado de Franco (2015).

Na primeira unidade de floculação a água entra em contato com o meio granular em fluxo descendente para otimização da mistura com o coagulante, promovendo a floculação das partículas coloidais. O segundo floculador tem funcionalidade semelhante do primeiro, diferenciando-se o diâmetro do meio granular e escoando a água para o decantador vertical de fluxo ascendente. O filtro será constituído em seu inferior de brita 1 granítica, seguido de uma camada de areia, uma pequena camada de carvão ativado, lã de vidro e outra pequena camada de brita 1 granítica para evitar a suspensão do carvão ativado. A metodologia de preparo deste carvão ativado segue etapas de calcinação de resíduos agrícolas, como casca de laranja derivada das indústrias alimentícias de produção de sucos. A eficiência destas etapas de tratamento será avaliada através do monitoramento dos parâmetros físicos e químicos por meio da coleta de água em pontos de amostragem (torneiras) instalados em cada etapa.

A saída de água da etapa de filtração será direcionada a uma tubulação dotada de um dosador de cloro e uma lâmpada UV-C (germicida) para realização da desinfecção. Ensaio para avaliação de qual metodologia de desinfecção será adotada (cloro, UV ou cloro + UV) serão realizados segundo monitoramento dos parâmetros microbiológicos (coliformes totais e termotolerantes).

A água tratada será direcionada a uma caixa de água de 500 L, posicionada abaixo do ponto de instalação da ETA. O sistema proposto também prevê realização de retrolavagem do tubo destinado à filtração, com sua realização em fluxo ascendente.

3. RESULTADOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA

Amostras coletadas do ponto de distribuição da COGERH dentro do Campus Maracanaú foram analisadas quanto aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos para fins de caracterização. Os resultados (média) das análises são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização físico-química e microbiológica da água bruta (COGERH)

| RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS | | | | |
|---|------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------------|
| PARÂMETROS | UNIDADES | RESULTADOS | VALOR MÁXIMO PERMITIDO | MÉTODO |
| Alcalinidade Total | mg/L CaCO ₃ | 25 | 250 | SMEWW 2320 B |
| Cloreto | mg/L Cl ⁻ | 553,91 | 250 | SMEWW 4500 Cl ⁻ D |
| Ferro Total | mg/L | 0,27 | 0,3 | SMEWW 3500 Fe A e B |
| Dureza Total | mg/L CaCO ₃ | 41,23 | 500 | SMEWW 2340 C |
| Condutividade a 25°C | µS/cm | 382,7 | NR | SMEWW 2510 B |
| pH a 25°C | - | 5,83 | 6,0 – 9,5 | SMEWW 4500 H ⁺ B |
| Turbidez | NTU | 13 | 5 | SMEWW 2130 B |
| Sól. dissol. Totais | mg/L | 300 | 500 | |
| Manganês | mgMn/L | - | 0,1 | |
| DQO | mgO ₂ /L | 5,27 | - | |
| Oxigênio dissolvido | mgO ₂ /L | 1,4 | não inferior a 6 mg/L | |
| DBO | mgO ₂ /L | 1,1 | 3 | |
| RESULTADOS DAS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS | | | | |
| PARÂMETROS | UNIDADES | RESULTADOS | VALOR MÁXIMO PERMITIDO | MÉTODO |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 mL | <1,8 NMP/100mL (ausência) | Ausência | SMEWW 9221 C e E |

Os resultados apresentados na Tabela 1 apontam uma qualidade da água insatisfatória para fins de potabilidade, especificamente quanto ao cloreto, pH, turbidez e oxigênio dissolvido, sendo necessária a implantação de uma Estação de Tratamento de Água para este fim.

O parâmetro que mais se destaca dentro os listados é o Coliformes Termotolerantes, o qual indicou a ausência de bactérias desta espécie, demonstrando um baixo nível de contaminação da água, e que uma etapa simples de desinfecção, como a cloração, pode eliminar os patógenos possivelmente existentes na amostra.

3.2. ENSAIOS DE OTIMIZAÇÃO EM JAR-TEST

Os experimentos que possibilitam a obtenção de valores ótimos de coagulante, alcalinizante e tempo de sedimentação na unidade de tratamento de água é realizada através do equipamento Jar-Test, o qual dispõe de um sistema de cubas com agitadores mecânicos relacionados em velocidade controlada, simulando o turbilhonamento existente na etapa de coagulação química.

Com a finalidade de viabilizar os ensaios em termos de otimização da dosagem dos reagentes químicos (coagulante), bem como do tempo de operação (sedimentação), ensaios em pH fixo (natural da própria amostra) foram realizados com a variação da dosagem de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ de 2,0 a 10,5 mg/L, e tempo de sedimentação de 30 a 91 minutos.

Os resultados de desempenho do sistema quanto à eficiência de remoção de turbidez estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Eficiência de remoção de turbidez no tratamento de água via Jar Test.

| Coagulante ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, mg/L) | Tempo de sedimentação (min) | Eficiência (%) |
|--|--------------------------------|----------------|
| 10,50 | 90 | 29,00 |
| 10,50 | 30 | 37,57 |
| 2,00 | 90 | 9,86 |
| 2,00 | 30 | 0,14 |

Os resultados apresentados na Tabela 3 apontam que o uso de 10,5 mg/L de coagulante com um tempo de sedimentação de 30 minutos como sendo as condições que melhor favoreceram a eficiência de redução de turbidez.

A Figura 2 mostra o peso que cada variável possui frente à resposta monitorada, eficiência. O gráfico de Pareto indica que a dosagem de coagulante é a variável que mais interfere nos resultados obtidos, sendo obtido um efeito + de 28,3, indicando que quanto maior a dosagem de coagulante, melhor será o desempenho do processo.

Interpretação semelhante pode ser extraída a partir da Figura 3, a qual apresenta gráfico de superfície dentro dos limites experimentados de coagulante e tempo de sedimentação em função da eficiência do sistema.

Figura 2. Efeito das variáveis no desempenho do sistema.

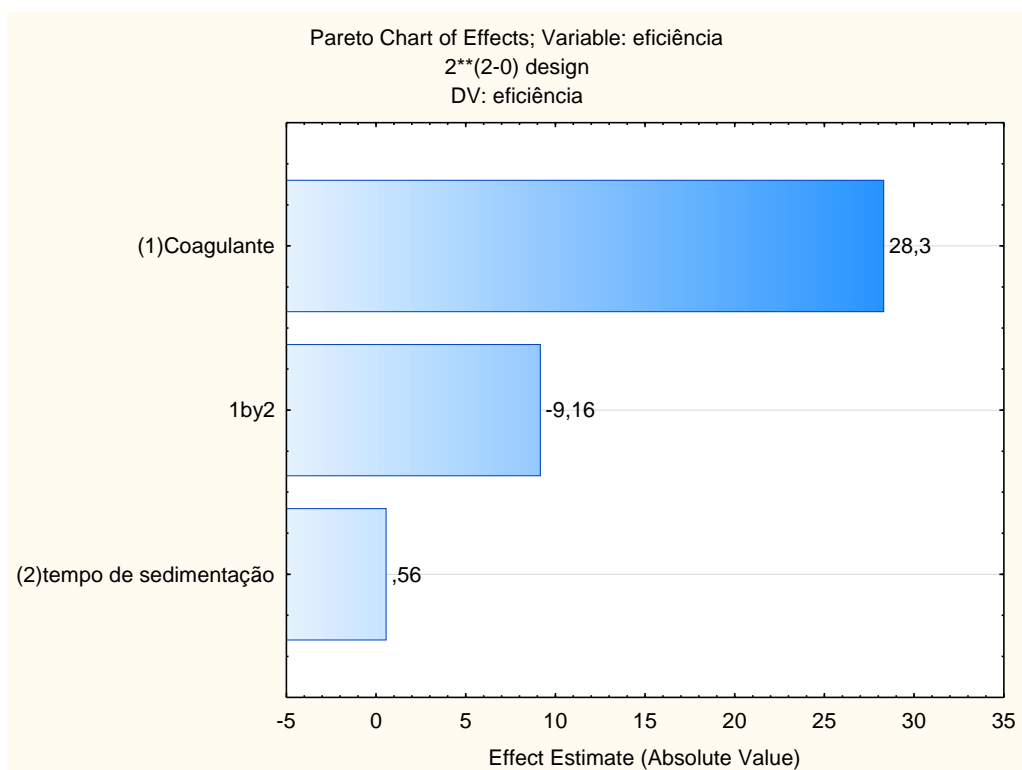
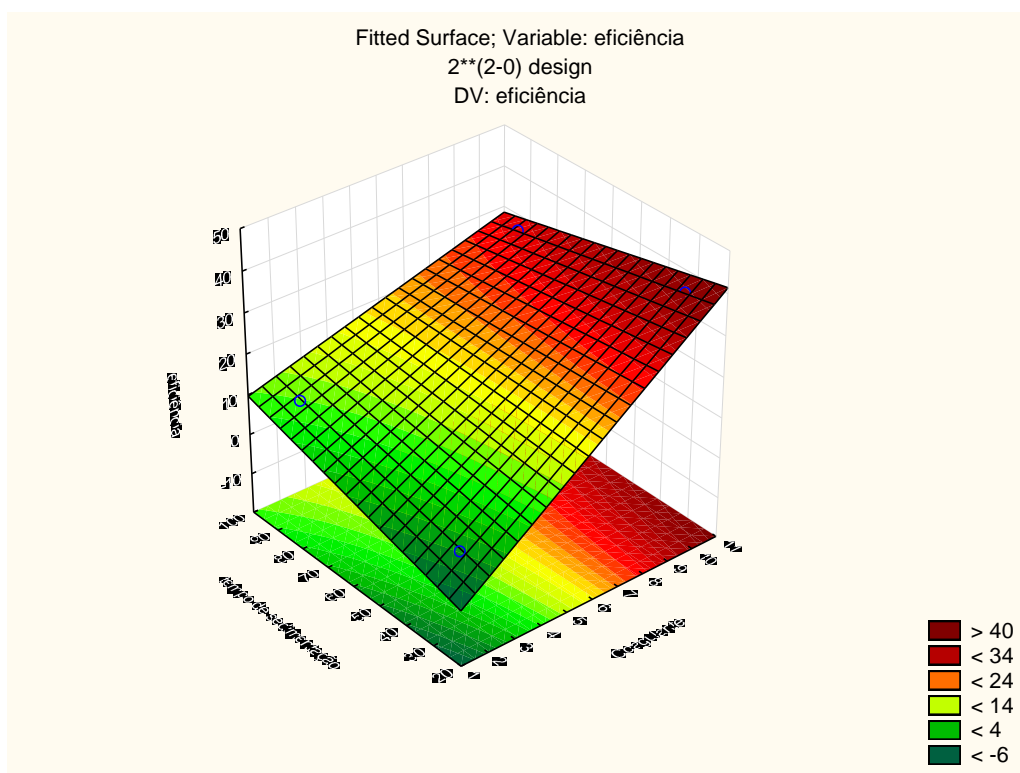


Figura 3. Correlação entre eficiência do sistema em função do coagulante e tempo de sedimentação.



3.3.CONSTRUÇÃO DA ETA

O departamento de Administração e Planejamento do Campus Maracanaú providenciou a construção da ETA conforme planejamento encaminhado. A Figura 4 detalha o projeto de construção da ETA, enquanto que a Figura 5 apresenta a estação de tratamento de água instalada.

Figura 4. Planta da ETA com discriminação de itens e cotas

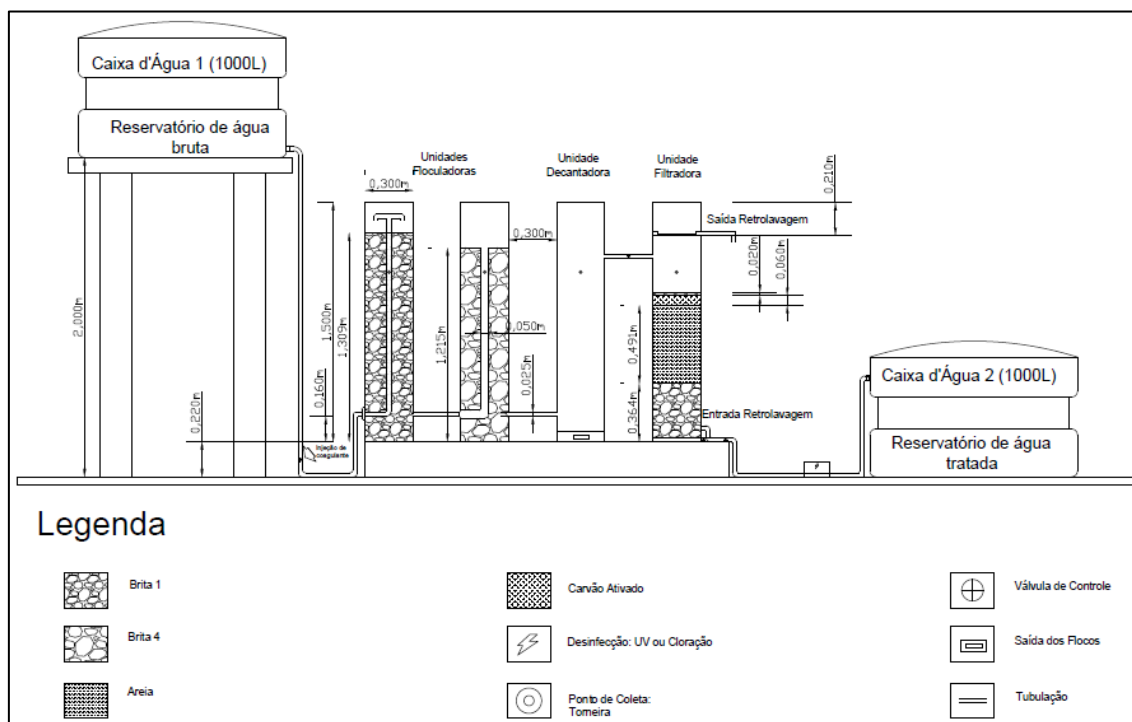


Figura 5. Foto da ETA construída.



O início de operação da ETA se dará a partir do preenchimento das tubulações com as britas e areia, bem como a instalação das bombas dosadoras para adição do coagulante e cloro.

Os dados obtidos serão avaliados quanto à viabilidade de aumentar a escala do sistema de tratamento, afim de abastecer cisterna de 18 m³ que será instalada próximo à ETA.

3.4.ÁGUA SUBTERRÂNEA

Com relação à água subterrânea, foi realizada uma primeira coleta de amostra para caracterização, a qual se encontra em análise. A amostra coletada apresentou, visualmente, elevados teores de material em suspensão, além de materiais gordurosos. Vale salientar que tal água encontra-se estagnada por longo período, sendo esse perfil diagnosticado provavelmente decorrente deste repouso de longo prazo. Uma bomba para circulação desta água já foi solicitada à DIRAP, a qual se comprometeu em instalar tal equipamento.

O sistema de tratamento para água subterrânea deve compreender uma complexidade inferior à água provinda da COGERH, uma vez que o próprio solo pode atuar como meio filtrante, sendo necessária apenas uma etapa para desinfecção via adição de cloro.

Como planejamento para esta etapa do trabalho, um esquema de sistema de cloração será entregue à DIRAP para fins de aquisição dos materiais necessários bem como execução das obras de construção do sistema de cloração. A intenção é que a água tratada tenha qualidade suficiente para ser aproveitada para fins de abastecimento do campus através do direcionamento da mesma à cisterna já existente próximo ao ponto de captação.

4. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do sistema descentralizado de água bruta para abastecimento parcial do Campus Maracanaú teve suas atividades iniciadas a partir do diálogo com a Direção do campus e os setores eu darão suporte à realização do projeto. Visita à ETA Gavião foi enriquecedora no que diz respeito à obtenção de valores dos intervalos de dosagem atualmente aplicados, sendo um direcionador ao presente estudo,

uma vez que a água é oriunda majoritariamente do reservatório onde a ETA Gavião está instalada.

Os ensaios de caracterização acusaram que as amostras coletadas não apresentam perfis para consumo humano, sendo essa conclusão já esperada por se tratar de água bruta (sem tratamento). Os experimentos de otimização revelaram dosagens ideais para redução da turbidez da água em condições de pH natural, ou seja, sem custos adicionais para ajuste desta variável.

A entrega da ETA possibilitará o início das atividades de tratamento em campo, servindo de laboratório para as disciplinas que englobam a temática e diminuição dos custos inerentes ao consumo de água tratada quando o sistema for operacionalizado em grande escala.

Tendo em vista os resultados iniciais quanto à otimização das condições e entrega do sistema construído, bem como as atividades pendentes quanto ao tratamento de água subterrânea, torna-se necessário um maior tempo para finalização do projeto, motivo pelo qual é solicitada prorrogação da pesquisa.