



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS DE GURUPI
COLEGIADO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOTECNOLÓGICAS

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA E DE CONSUMO HUMANO DO CAMPUS DE GURUPI DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

Relatório final de projeto elaborado com recursos do Edital Universal UFT 30/2020 e apresentado na prestação de contas junto Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PROPESQ) da Universidade Federal do Tocantins

EQUIPE

Elaboração e execução

Daniel Santos Mulholland
Professor do Curso de Química Ambiental
(coordenador do Projeto)

Vanessa Mara Chapla
Professora do Curso de Química Ambiental

Alex Sander Rodrigues Cangussu
Professor do Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia

Lucas Samuel Soares Santos
Professor do Curso de Química Ambiental

Gil Rodrigues dos Santos
Professor do Curso de Engenharia Florestal

Raimundo Wagner S Aguiar
Professor do Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia

Débora Francisca Morais da Silva
Aluna do Curso de Química Ambiental

Letícia Mariana Lopes da Silva
Aluna do Curso de Química Ambiental

INTRODUÇÃO

A qualidade de água para abastecimento público é assegurada pela Portaria 05/2017 do Ministério da Saúde que dispõe sobre os padrões de potabilidade de água (BRASIL, 2017). O Campus de Gurupi tem sistema de distribuição alternativo e tratamento de água simplificado e, de acordo com a Portaria supracitada, deve realizar o rigoroso monitoramento da água do manancial (no caso a água subterrânea) e da água distribuída. Somente através do correto monitoramento da qualidade da água do Campus é possível determinar as concentrações ideais dos agentes de desinfecção na rede de distribuição e se a água distribuída apresenta qualidade para ser consumida com segurança.

O Campus de Gurupi possui cerca de 1700 alunos, 67 servidores técnico-administrativos e 95 professores efetivos, além de professores substitutos e funcionários terceirizados. Uma parcela expressiva da comunidade acadêmica frequenta o Campus diariamente e permanece no mesmo por muitas horas. Além disso, está sendo construída a moradia estudantil nas dependências do Campus. Portanto, o monitoramento da qualidade da água é de grande importância para a saúde de toda esta comunidade. O fornecimento de água fora dos padrões de qualidade coloca em risco a saúde da comunidade acadêmica e infringe as normativas legais, podendo ocasionar sanções administrativas e penais.

O campus de Gurupi tem sistema simplificado de abastecimento e tratamento de água para consumo humano formado por três poços tubulares profundos que fornecem água à rede de distribuição predial, após processo de desinfecção utilizando ácido tricloroisocianúrico. Poucas análises simplificadas foram realizadas na água distribuída e, assim, pouco se sabe sobre sua real qualidade química e microbiológica. O Campus de Gurupi não tem sistema de coleta de esgotos. Os efluentes líquidos dos prédios e laboratórios são dispostos em diversas fossas sépticas e rudimentares e percolam o solo, podendo alterar a qualidade da água subterrânea e, conseqüentemente, a água de abastecimento público. A alteração da qualidade por estes efluentes pode provocar aumento das concentrações de microrganismos patogênicos, metais e compostos orgânicos que, em concentrações acima das máximas permitidas pela legislação, podem provocar efeitos adversos à saúde humana.

Sendo assim, o presente projeto tem como objetivo avaliar se água distribuída à comunidade acadêmica atende os critérios e padrões de potabilidade ou se novas medidas de tratamento e captação de água devem ser tomadas, garantindo assim a incolumidade da comunidade acadêmica. Os resultados obtidos pelo presente projeto poderão ser utilizados para prestar esclarecimentos ao Órgão de Vigilância Sanitária Municipal, responsável por inspecionar o controle da qualidade da água extraída e distribuída e à Naturatins, responsável pelas atividades de licenciamento ambiental do Estado do Tocantins.

OBJETIVOS

Geral

Avaliar a qualidade química e microbiológica da água subterrânea e de abastecimento público do Campus de Gurupi da Universidade Federal do Tocantins

Específicos

- Determinar os parâmetros Dureza Total, Cloro Livre, Sólidos Suspensos, Alcalinidade Total, pH, Sólidos Dissolvidos Totais, Condutividade Elétrica, Cor Aparente, Turbidez, PO_4^{3-} , NO_3^- , NH_3 , Cl^- , na água subterrânea e de abastecimento público mensalmente ao longo do período de 10 meses;
- Determinar parâmetros microbiológicos como coliformes totais e E. Coli na água subterrânea e de abastecimento público em 4 meses no decorrer de um ano;
- Determinar a concentração de metais e arsênio (Al, Fe, Ca, Mg, Mn, Mo, Zn, Co, Ni, Cr, Cu, Cd, As, Pb e Na) na água subterrânea e de abastecimento público;
- Determinar a concentração de cafeína para traçar possível contaminação ocasionada por efluentes sanitários;
- Comparar os resultados obtidos nas análises químicas e microbiológicas com a Portaria 05/2017 (BRASIL, 2017) do Ministério da Saúde e a Resolução CONAMA 396/08 (BRASIL, 2008).

METODOLOGIA

Coleta das amostras

Amostras de água foram coletadas no decorrer do ano de 2021 utilizando a própria bomba instalada no poço, enquanto as amostras da água de abastecimento público foram coletas em torneiras do campus. As amostras foram armazenadas em frascos de polietileno de 1L previamente lavados com HCl 1M. As amostras para determinação de parâmetros microbiológicos foram armazenadas em frascos de polietileno estéreis, sendo que as águas coletadas na rede de distribuição que passaram por desinfecção utilizando cloro foram adicionadas de tiosulfato de sódio. Após a coleta, as amostras foram identificadas, armazenadas e refrigeradas ao abrigo da luz.

Determinação de parâmetros químicos e microbiológicos

Em cada mês de análise, foram determinados parâmetros físico-químicos, químicos e microbiológicos nas amostras de água dos três poços tubulares profundos, três amostras de água de

torneira coletadas no Blocos BALA I, BALA II e Casadinho previamente tratadas com sistema de cloração e uma amostra da Lagoa localizada no Campus da UFT-Gurupi.

Para a determinação de parâmetros físico-químicos e químicos foram coletadas amostras em 10 meses distintos do ano de 2021, totalizando 70 amostras, e foram determinados em cada uma delas os seguintes parâmetros: Dureza Total, Cloro Livre, Sólidos Suspensos, Alcalinidade Total, pH, Sólidos Dissolvidos Totais, Condutividade Elétrica, Cor Aparente, Turbidez, PO_4^{3-} , NO_3^- , NH_3 , Cl^- . A análise da água foi realizada de acordo com os métodos previamente estabelecidos, validados e reportados no Standard methods for the examination of water and wastewater da American Public Health Association (APHA, 2005). A determinação dos parâmetros condutividade elétrica (C.E.), sólidos totais dissolvidos (STD), e pH, foram realizados utilizando um multi-parâmetro. No laboratório, parâmetros como PO_4^{3-} , NO_3^- , NH_3 , Cor Aparente e Cloro Livre foram determinados por técnicas de espectrofotometria na região do Visível, enquanto Cl^- , Dureza Total e Alcalinidade Total foram determinados por métodos volumétricos. A Turbidez foi determinado utilizando Turbidímetro. A determinação de PO_4^{3-} , NO_3^- , NH_3 , metais e arsênio foi realizada utilizando amostras previamente filtradas em sistema de filtração frontal a vácuo utilizando membranas HA em ésteres de celulose, Millipore, estéril, com 0,45 μm de poro. A determinação dos parâmetros químicos foram validadas utilizando amostras certificadas da SpecSol.

Para a determinação de parâmetros microbiológicos foram coletadas amostras em 4 meses no decorrer do ano de 2021, totalizando 28 amostras. Coliformes Fecais e E. Coli foram determinados pelo método de filtração em membrana e foram reportados em Unidade Formadoras de Colônias (UFC).

Determinação de metais e arsênio dissolvidos

Alíquotas das amostras filtradas foram separadas e acidificadas ($\text{pH} < 2$) com HNO_3 (5% v/v) para a posterior determinação de metais e arsênio. Em cada amostra previamente filtrada foram determinados, simultaneamente, os seguintes elementos: Al, Fe, Ca, Mg, Mn, Zn, Co, Ni, Cr, Cu, Cd, As e Pb utilizando um Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP/OES). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Geoquímica da Universidade de Brasília. O Na foi determinado por espectrometria de emissão em chama. As análises dos metais foram validadas por amostras certificadas da National Institute of Standards and Technology (NIST 1643d e 1640).

Determinação de cafeína

Após a coleta, as amostras foram filtradas utilizando membrana de acetato de celulose 0,45 µm de porosidade e armazenadas a 4°C. A cafeína foi extraída em duplicata em volume inicial de 1L, utilizando cartucho de extração em fase solida e posteriormente eluidas com metanol. Após concentração das amostras as mesmas foram submetidas a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) utilizando arranjo de diodo como detector. As análises foram realizadas em coluna C18, com fase móvel 30% de metanol, vazão 1 mL/ min e comprimento de onda 270 nm. Para quantificação da cafeína foi realizada a curva de calibração no CLAE utilizando cafeína pura como padrão. Após a injeção do padrão de cafeína no sistema cromatográfico foi observado um pico característico com um tempo de retenção de aproximadamente 6,59 minutos, apresentando um máximo de absorção no ultravioleta de 273 nm (Figura 1).

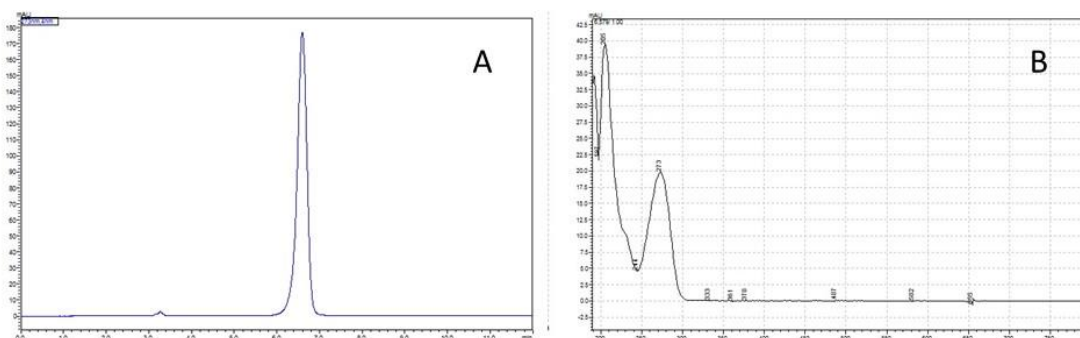


Figura 1 - A) Cromatograma do padrão da cafeína ($T_r=6,596$), B) espectro de Ultravioleta da cafeína

Para a construção da curva analítica da cafeína, foram realizadas aplicações das soluções padrão com seis concentrações diferentes variando de 5 a 50 µg/mL. A curva analítica foi construída com auxílio do software Excel 17, representado na Figura 2. A linearidade foi obtida a partir da curva analítica das amostras padrões da cafeína com um coeficiente de determinação médio (R^2) de 0,98, e a equação da reta obtida foi $y=59524x+100784$.

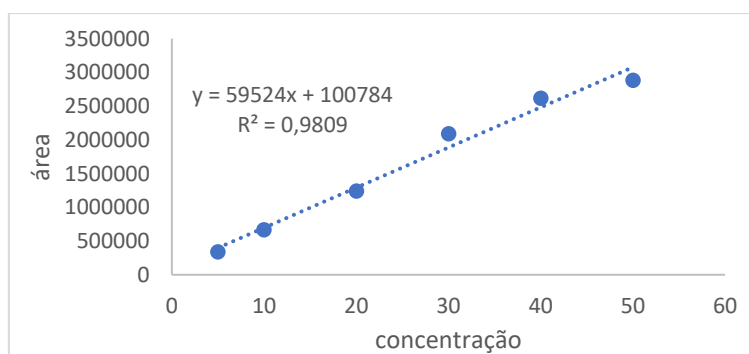


Figura 2 - Curva analítica da cafeína

A partir da injeção dos padrões para elaboração da curva analítica, pode-se observar que o tempo de retenção da cafeína para as concentrações avaliadas está em torno de 6,56 a 6,60 minutos (Figura 3).

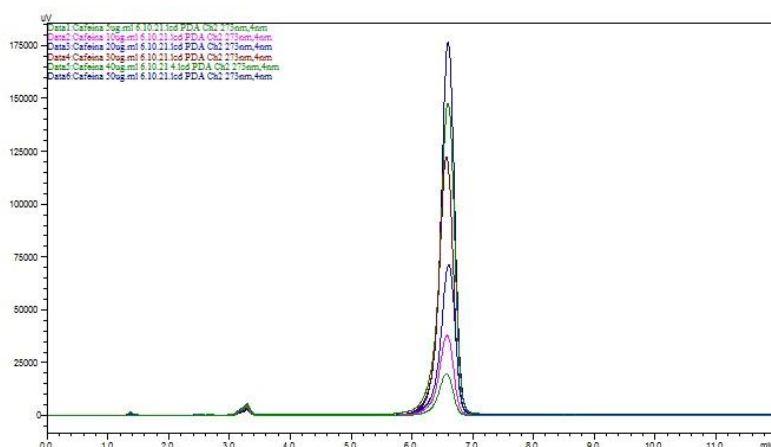


Figura 3 - Cromatogramas das soluções padrão da cafeína, nas diferentes concentrações, sobrepostos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros físico-químicos, químicos e microbiológicos

A média dos resultados obtidos através das análises das amostras de água estão descritos na Tabela 1. Embora a média dos resultados das análises das amostras de água dos blocos, destinadas ao abastecimento público, esteja de acordo com os limites estabelecidos e recomendados no Anexo XX da Portaria 05/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) que dispõe sobre os padrões de potabilidade de água para consumo humano, o parâmetro Cloro Livre apresentou valores em desacordo com a portaria supracitada em alguns meses ao longo do ano. O parâmetro Cloro Livre apresentou três violações dos valores recomendados pela Portaria acima citada no Bloco G, uma violação no Bloco BALA I e uma no Bloco Casadinho. Para todos esses casos, as concentrações de Cloro Livre determinadas estiveram abaixo dos valores mínimos recomendados de 0,2 mg/L.

Os resultados das análises dos poços tubulares profundos, reportados na Tabela 1, foram comparados com a Resolução CONAMA 396/08 (BRASIL, 2008), que dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Todas as amostras analisadas apresentaram valores condizentes com padrões estabelecidos pela resolução supracitada para água de consumo humano. As baixas concentrações de N-NO_3^- , NH_3 , PO_4^{3-} e Cl^- nas águas dos poços tubulares indicam que o sistema de disposição de efluentes sanitários do Campus não influencia na qualidade da água subterrânea. A ausência de Coliforme Totais e E. Coli em todas as amostras coletadas ao longo do ano nos poços tubulares também demonstra que o sistema de disposição final de efluentes sanitários não influencia na qualidade da água subterrânea.

Tabela 1 – Média dos resultados obtidos na água do Campus de Gurupi, durante o monitoramento da água superficial, subterrânea e de consumo humano da Universidade Federal do Tocantins – Campus de Gurupi

Local	Alcalinidade	Dureza	pH	C.E.	N-NO ₃ ⁻	NH ₃	PO ₄ ³⁻	Cl ⁻
unidade	mg/L	mg/L	escala	µS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Bloco - Bala I	60,0	30,0	6,7	104,0	0,4	< 0,03	0,4	2,0
Bloco - Bloco G	85,0	62,0	7,4	260,0	0,1	< 0,03	0,5	5,0
Bloco - Casadinho	40,7	40,0	6,9	99,0	0,2	< 0,03	0,3	5,1
Lagoa UFT	20,0	74,0	7,0	68,0	0,1	< 0,03	<0,03	4,0
Poço 1 (Bala I)	112,0	131,0	6,5	105,0	0,2	< 0,03	0,4	2,5
Poço 2 (Bloco G)	95,0	163,0	7,3	239,0	<0,03	< 0,03	0,3	4,5
Poço 3 (Casadinho)	82,0	193,0	7,1	98,0	0,1	< 0,03	0,3	2,5
Portaria 05/17	--	500	6,0 - 9,5	--	10	--	--	500
CONAMA 396/08	--	--	--	--	10	--	--	250
Local	Cor	SDT	Turbidez	SS	Cloro Livre	Colif. Total	E. Coli	
unidade	Pt-Co	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	UFC	UFC	
Bloco - Bala I	8,0	53,0	1,0	0,5	0,9	Ausente	Ausente	
Bloco - Bloco G	5,0	130,0	0,5	1,9	0,3	Ausente	Ausente	
Bloco - Casadinho	10,0	50,0	0,7	0,9	0,4	Ausente	Ausente	
Lagoa UFT	43,0	34,0	50,0	4,2	0,0	Ausente	Ausente	
Poço 1 (Bala I)	19,0	53,0	11,0	0,7	0,0	Ausente	Ausente	
Poço 2 (Bloco G)	0,0	119,0	0,0	1,8	0,0	Ausente	Ausente	
Poço 3 (Casadinho)	0,0	49,0	0,0	1,0	0,0	Ausente	Ausente	
Portaria 05/17	15	1000	5,0	--	0,2-2,0	Ausente	Ausente	
CONAMA 396/08	--	1000	--	--	--	--	Ausente	

Nota: C.E. = Condutividade Elétrica; SDT = Sólidos Dissolvidos Totais; S.S = Sólidos Suspensos; NTU = Unidade Nefelométrica de Turbidez; UFC = Unidade Formadora de Colônia

Concentrações de metais e arsênio

As concentrações de metais e arsênio obtidas através das análises das amostras de água estão descritas na Tabela 2. Dos 15 elementos analisados, somente 8 apresentaram concentração acima do limite de detecção de aproximadamente 0,01 mg/L. Os elementos que apresentaram concentrações detectáveis foram Zn, Fe, As, Cu, Na, Ca e Mg e Al.

As concentrações dos elementos determinados nas águas destinadas ao consumo humano foram comparadas com a Portaria 05/17 do Ministério da Saúde (BRASIL 2017), que dispõe sobre os padrões de potabilidade de água para consumo humano. Pode-se afirmar que os elementos Cu, As, Zn, Mn, Cr, Ni, Fe e Pb obtiveram concentrações abaixo dos valores máximos permitidos pela portaria supracitada. Os elementos Al, Co, Ca, Mg e Mo não apresentam valores recomendados pela legislação vigente, impossibilitando a comparação. Para o elemento Cd, o limite de detecção de ICP-OES é superior ao

valor máximo permitido pela legislação vigente, impossibilitando, assim, a verificação de concordância ou não com os valores máximos permitidos.

Os resultados das concentrações de metais e arsênio obtidos para os poços tubulares profundos (Tabela 2) foram comparados com a resolução CONAMA no. 396/08 (BRASIL, 2008), que dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. De maneira similar aos resultados obtidos nas águas para consumo humano, pode-se afirmar que os elementos Na, Cu, Zn, Mo, Mn, Cr, Ni, Fe, Al e Pb obtiveram concentrações abaixo dos valores máximos permitidos pela resolução supracitada. Os elementos Ca, Mg, Co não apresentam valores recomendados pela legislação vigente, impossibilitando a comparação. O elemento As que apresentou concentrações iguais aos valores máximos permitidos nos poços tubulares profundos dos blocos G e Casadinho.

Tabela 2 – Concentrações de metais e arsênio dissolvidos na água do Campus de Gurupi, obtidos durante o monitoramento da água superficial, subterrânea e de consumo humano da Universidade Federal do Tocantins – Campus de Gurupi

	Zn	Na	Fe	As	Cu	Al	Ca	Mg
unidade	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Bloco - Bala I	0,11	5,5	0,02	<LD	0,14	<LD	7,2	4,4
Bloco - Bloco G	0,20	5,0	<LD	0,01	<LD	<LD	10,4	8,7
Bloco - Casadinho	0,03	5,0	0,01	0,01	0,03	<LD	10,8	3,2
Lagoa UFT	<LD	1,2	0,31	<LD	<LD	0,21	4,0	15,5
Poço 1 (Bala I)	0,03	0,6	0,41	<LD	<LD	<LD	8,8	26,5
Poço 2 (Bloco G)	0,09	0,5	<LD	<LD	<LD	<LD	11,2	32,8
Poço 3 (Casadinho)	0,01	0,4	0,01	<LD	<LD	<LD	8,4	41,8
Portaria 05/17	5,0	200	0,03	0,01	2,0	--	--	--
CONAMA 396/08	5,0	200	0,03	0,01	2,0	200	--	--
	Cd	Co	Cr	Mn	Mo	Ni	Pb	
unidade	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
Bloco - Bala I	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	
Bloco - Bloco G	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	
Bloco - Casadinho	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	
Lagoa UFT	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	
Poço 1 (Bala I)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	
Poço 2 (Bloco G)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	
Poço 3 (Casadinho)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	
Portaria 05/17	0,005	--	0,05	0,1	--	0,07	0,01	
CONAMA 396/08	0,005	--	0,05	0,1	0,07	0,02	0,01	

Nota: LD = Limite de Detecção

Concentração de cafeína

As três amostras coletadas nos poços tubulares profundos próximos aos blocos do Casadinho, Bloco G e BALA I foram injetadas nas mesmas condições da injeção das soluções padrões obtendo-se os cromatogramas apresentados na Figura 4. Observa-se que não houve picos característicos da cafeína nas amostras analisadas. A ausência de cafeína em concentrações detectáveis demonstra que não ocorre a mistura de efluentes sanitários com a água subterrânea utilizada para consumo humano no Campus de Gurupi. Uma vez que as amostras dos poços tubulares profundos não apresentaram concentrações detectáveis de cafeína, as amostras coletadas nas torneiras dos blocos não foram analisadas.

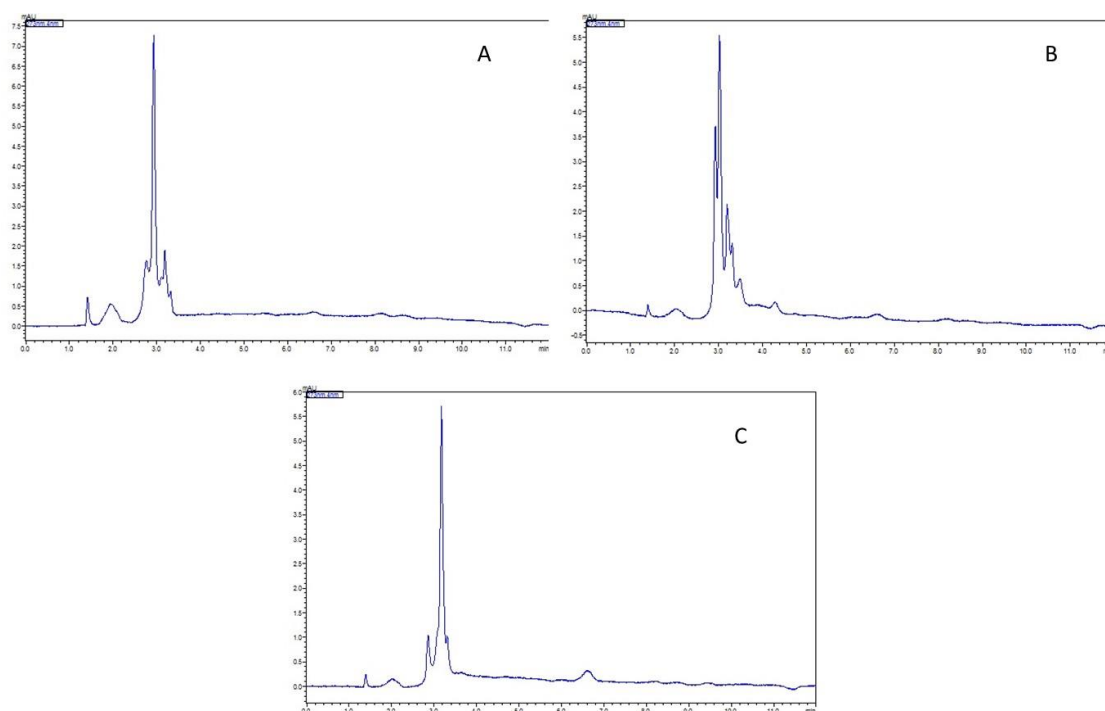


Figura 4 - Cromatogramas das amostras coletadas nos poços, A) Casadinho, B) Bloco G, C) BALA I,

CONCLUSÃO

A qualidade das águas subterrâneas e destinadas ao consumo humano foi avaliada ao longo do ano de 2021. Foram coletadas um total de 100 amostras de água nos poços tubulares profundos e blocos do Casadinho, Bloco G e BALA I. Nestas amostras foram realizadas mais de 1178 análises distribuídas no decorrer do ano, incluindo parâmetros físico-químicos, químicos e microbiológicos.

Os resultados das análises demonstraram que as águas subterrâneas coletadas nos poços tubulares profundos no decorrer do ano apresentaram valores em conformidade com as exigências

estabelecidas para água de consumo humano reportadas pela Resolução CONAMA 396/08 (BRASIL, 2008), que dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. As baixas concentrações de Na, N-NO₃, NH₃, PO₄³⁻, Cl⁻ e cafeína e a ausência de coliformes fecais e E. Coli nestas águas indicam que o sistema de disposição de efluentes sanitários e laboratoriais do Campus não influencia na qualidade da água subterrânea. As baixas concentrações de metais também indicam que os sistemas de disposição de efluentes sanitários e laboratoriais não comprometem a qualidade da água subterrânea. Especial atenção deve ser dada ao elemento As que apresentou concentrações iguais aos valores máximos permitidos pela legislação vigente nos poços tubulares profundos dos blocos G e Casadinho.

Os resultados das análises demonstraram que as águas destinadas ao consumo humano apresentaram valores condizentes com as diretrizes da Portaria 05/17 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os padrões de potabilidade de água para consumo humano, com exceção do parâmetro Cloro Livre. O parâmetro Cloro Livre apresentou concentrações abaixo dos valores mínimos recomendados de 0,2 mg/L pela Portaria supracitada em três amostras do Bloco G, uma amostra do Bloco BALA I e uma amostra do Bloco Casadinho.

Por fim conclui-se que, com base nos parâmetros aqui determinados, a água subterrânea e de consumo humano do Campus de Gurupi apresentaram qualidade para serem utilizadas para captação e distribuição para consumo humano. Sugere-se que as concentrações de Cloro Livre sejam monitoradas com frequência ao longo do ano para evitar desconformidades com a legislação vigente e, assim, possa garantir a incolumidade da comunidade acadêmica do Campus de Gurupi.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. (2005) American Public Health Association Standard methods for the examination of water and wastewater. (APHA): Washington, DC, USA, v. 21, 2005.

Brasil (2017) Ministério da Saúde, Portaria MS No 5 de 2017. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo e seu padrão de potabilidade.

Brasil (2018) Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução no. 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências