



**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE  
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE  
CENTRO DE AVALIAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E PESQUISA E CONSERVAÇÃO DO  
CERRADO**

**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico  
Mendes de Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio**

**Relatório de Final  
(2020-2021)**

**QUALIDADE DA ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM INVASÃO  
BIOLÓGICA NA FLORESTA NACIONAL DE BRASÍLIA**

**Nome do Estudante: Julyana Amaral Lima**

**Orientador(a): Alexandre Bonesso Sampaio**

**Coorientador: Jackeline Benassuly Barbosa e Franciele Campos Lima**

**Instituição do coorientador: Instituto Federal de Brasília**

**Brasília  
Agosto/2021**

## Resumo

A presença de espécies exóticas invasoras altera os processos biológicos, físicos e químicos dos ecossistemas. Podemos inclusive ter a mudança na qualidade e quantidade de água disponível em cursos d'água. Estas alterações ocorridas em uma bacia hidrográfica podem ser avaliadas através do monitoramento da qualidade da água. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água em 4 pontos do Ribeirão das Pedras, Bacia do Rio Descoberto, Área 1 da Floresta Nacional de Brasília. Na UC há diversas invasoras, especialmente gramíneas exóticas, plantios de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp., além da nativa superdominante *Pteridium esculentum*. Duas nascentes foram selecionadas mais próximas e duas mais distantes de talhões de pinus. Foram realizadas quatro campanhas de coletas em cada nascente, duas campanhas em período chuvoso (dezembro e janeiro) e duas em período de seca (junho e julho). As análises físicas, químicas e biológicas realizadas em campo e em laboratório, foram: pH, turbidez, sólidos dissolvidos, cor aparente, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total e coliformes totais e termotolerantes. Os resultados estão dentro dos padrões de qualidade pela Resolução CONAMA 357/05, classe II, indicando boa qualidade da água. Verificou-se uma fraca relação entre o pH, sólidos dissolvidos e cor aparente com a presença de *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp. e *Pteridium esculentum*, mas é preciso mais estudos para entendê-la. Por fim, a época de coleta (seca/chuva) pareceu ser mais importante para explicar a variação dos dados.

Palavras-chave: qualidade da água, espécies invasoras, unidade de conservação.

## Abstract

The presence of invasive alien species alters the biological, physical and chemical processes of ecosystems, including changes in the quality and quantity of water available in streams. These changes occurring in a hydrographic basin can be evaluated through the monitoring of water quality. This study aimed to evaluate the water quality in 4 points of Ribeirão das Pedras, Rio Descoberto Basin, Area 1 of the Brasília National Forest. In the UC there are several weeds, especially exotic grasses, *Pinus* sp. and *Eucalyptus* sp., in addition to the native superdominant *Pteridium esculentum*. Two springs were selected closer and two more distant from pine stands. Four collection campaigns were carried out in each sampling point, two campaigns in the rainy season (December and January) and two in the dry season (June and July). The physical, chemical and biological analyzes carried out in the field and in the laboratory were: pH, turbidity, dissolved solids, apparent color, temperature, electrical conductivity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, total nitrogen, total phosphorus and total and thermotolerant coliforms. The results are within the quality standards of CONAMA Resolution 357/05, Class II, indicating good water quality. There was a weak relationship between pH, dissolved solids and apparent color with the presence of *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp. and *Pteridium esculentum*, but more studies are needed to understand it. Finally, the time of collection (dry/rain) seemed to be more important to explain the data variability.

Key words: water quality, invasive alien species, conservation unit.

## Lista de Quadro

Quadro 1. Características dos pontos amostrados na Área 1 da Floresta Nacional de Brasília.....	4
---	---

## Lista de Figuras

Figura 1. Mapa de localização dos pontos amostrados na Floresta Nacional de Brasília e talhões de <i>Pinus</i> sp. (em azul), <i>Eucalyptus</i> sp. (em rosa) e <i>Pteridium esculentum</i> (círculo verde).....	4
Figura 2. AI1 - Nascente I Córrego das Pedras. Características: Local de difícil acesso; Mata de galeria densa e alta; Solo rico em matéria orgânica; Pouca incidência solar na água.....	8
Figura 3. AI2 - Nascente do Córrego Currais. Características: Local de fácil acesso; Mata de galeria densa e alta; Solo rico em matéria orgânica; Pouca incidência solar na água.....	8
Figura 4. ANI1 - Espelho D'água. Características: Local de fácil acesso; Problemas com erosão; Fitofisionomia de Vereda; Água não sombreada.....	8
Figura 5. ANI2 - Nascente II Córrego das Pedras. Características: Local de fácil acesso; Mata de galeria densa e alta; Solo rico em matéria orgânica; Pouca incidência solar na água.....	8
Figura 6. Análise de componentes principais dos parâmetros físico-químicos e biológicos da água (pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, turbidez, cor aparente, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais e coliformes termotolerantes) nos córregos da Floresta Nacional de Brasília, Área 1, e a influência de espécies exóticas invasoras (distância de talhões de <i>Pinus</i> sp., <i>Eucalyptus</i> sp. e área dominada por <i>Pteridium esculentum</i> em raio de 200m) em quatro pontos (AI1, AI2, ANI1 e ANI2) amostrados em quatro períodos (dez/20 = t1, jan/21 = t2, jun/21 = t3 e jul/21 = t4) .....	10
Figura 7. <i>Eucalyptus</i> sp. Na Floresta Nacional de Brasília .....	11
Figura 8. <i>Pinus</i> sp. e gramíneas invasoras <i>Rhynchelytrum</i> sp. na Floresta Nacional de Brasília.....	11
Figura 9. <i>Pteridium esculentum</i> na Floresta Nacional de Brasília .....	11

## Lista de Tabela

Tabela 1. Resultados dos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados nos 4 pontos, em quatro campanhas de amostragem .....	7
---	---

## Sumário

1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	2
3. Material e Métodos.....	3
3.1 Área de estudo e pontos de coleta.....	3
3.2 Coleta, transporte e armazenamento das amostras .....	5
3.3 Análises físico-químicas .....	5
3.4 Ensaio microbiológicos .....	6
3.5 Análise dos dados .....	6
4. Resultados.....	7
4.1 Resultados físico-químicos .....	9
4.2 Resultados microbiológicos .....	10
4.3 Resultados Análise de Componentes Principais .....	10
5. Discussão e Conclusões.....	12
5.1 Parâmetros físico-químicos.....	12
5.2 Parâmetros microbiológicos .....	13
5.3 Análise de Componentes Principais .....	14
5.4 Considerações finais .....	14
6. Recomendações para o manejo.....	15
7. Agradecimentos .....	15
8. Citações e referências bibliográficas .....	16

## 1. Introdução

As invasões biológicas têm sido indicadas como uma das principais causas de perda de biodiversidade no mundo (UNEP, 2005). O processo de invasão biológica se desencadeia em quatro fases distintas: introdução da espécie, seu estabelecimento, sua expansão e o equilíbrio da espécie na comunidade (Pivello, 2006). Na grande maioria dos casos, esse equilíbrio se dá com uma grande dominância da espécie invasora na comunidade, levando a uma condição ecologicamente inferior à original, com perda de biodiversidade no nível de espécies e dos processos ecológicos.

O processo de invasão biológica consiste no estabelecimento de espécies animais ou vegetais, vindas de outras regiões, e seu posterior alastramento, dominando o ambiente e causando exclusão das espécies nativas. Há casos em que as invasões biológicas podem até mesmo causar a extinção local de espécies nativas (Pivello, 2011). Além disso, as invasões biológicas podem causar alterações no funcionamento dos ecossistemas (Davies, 2009). Processos ecológicos alterados pela invasão afetam a resiliência do sistema, de tal forma, que mesmo após a retirada dos organismos invasores pode não acontecer o retorno ao estado pré invasão (Lockwood et al. 2007).

Dentre as alterações dos ecossistemas ocasionadas por espécies invasoras podemos ter inclusive a mudança na qualidade e quantidade de água disponível em cursos d'água, localizados em microbacias cobertas por plantas exóticas. Em ambientes campestres e savânicos, vegetações abertas, dominadas por gramíneas, a invasão por árvores pode alterar drasticamente o funcionamento dos ecossistemas. Ocorre um aumento da biomassa aérea e um aumento da evapotranspiração reduzindo a vazão dos rios, além disso, espécies como *Pinus* sp. e gramíneas africanas, podem alterar a ciclagem de nutrientes, o que poderá refletir na qualidade da água. Este aumento de biomassa, tanto por *Pinus* sp. como por gramíneas exóticas, pode também aumentar o regime de fogo natural, o que tem reflexo na ciclagem de nutrientes e no aumento do carreamento de sedimentos por erosão laminar.

Na África do Sul foram identificados vários destes efeitos associados com a dominância de espécies invasoras, onde os rios apresentaram redução na vazão e um aumento na concentração de sólidos, nutrientes e poluentes (Chamier et al., 2012). A ameaça das espécies invasoras não se restringe às áreas naturais desprotegidas legalmente, Unidades de Conservação (UCs) no mundo inteiro têm sofrido seriamente as consequências das invasões biológicas (GISP, 2007). Até 2014 tinham sido

registradas 106 espécies de plantas vasculares invasoras em Unidades de Conservação federais no Brasil (Sampaio e Schmidt, 2013), porém hoje sabemos que existem pelo menos 150 espécies infestando mais de 140 UCs.

A Floresta Nacional (FLONA) de Brasília, criada pelo Decreto Presidencial de 10 de junho de 1999 (BRASIL, 1999) foi plantada com talhões para produção de madeira com duas espécies invasoras, *Pinus caribaea* e *Eucalyptus* sp., as quais estão se dispersando para áreas de cerrado nativo. Além disso, devido a sua proximidade com centros urbanos e com áreas rurais, a dispersão de espécies vegetais se dá de forma mais facilitada, ocasionando eventos de invasão biológica. Nesta UC existem, por exemplo, as seguintes plantas invasoras: *Melinis minutiflora*, *Urochloa decumbens*, *Andropogon gayanus*, *Tithonia diversifolia*, *Pinus caribaea*, *Syzygium cumini* (ICMBio, 2016).

Esta UC tem como um dos principais objetivos de criação a produção de água, pois lá nascem vários córregos que abastecem a represa do Rio Descoberto, o maior manancial de abastecimento do Distrito Federal (GDF, 2012). A extensa presença de espécies invasoras, sejam as plantas para produção de madeira *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp., como as gramíneas exóticas e outras espécies, muito provavelmente, estão ocasionando alterações na qualidade e quantidade de água produzida na FLONA.

## 2. Objetivos

### **Objetivo geral:**

Avaliar parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água de córregos afluentes do Ribeirão das Pedras - Área 1 da FLONA, e relacionar com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

### **Objetivo específico:**

Comparar a qualidade físico-química e biológica da água entre áreas com diferentes condições em termos de ocorrência de espécies invasoras.

### 3. Material e Métodos

A execução do trabalho compreendeu as seguintes etapas: 1) Definição da área de estudo e pontos de coleta; 2) Coleta, transporte e armazenamento das amostras; 3) Análises físico-químicas; 4) Ensaio microbiológicos e 5) Análise dos dados.

Foram escolhidos 9 parâmetros para caracterizar a qualidade da água, sendo estes: pH, temperatura (T, C°), oxigênio dissolvido (OD, mg/L e % saturação), condutividade elétrica (CE, µS/cm), sólidos totais dissolvidos (STD, ppm), turbidez (uT), cor aparente (uC), demanda bioquímica de oxigênio (DBO, mg/L), coliformes totais (C.Totais/100ml) e coliformes termotolerantes (C.Termo/100ml).

#### 3.1 Área de estudo e pontos de coleta

A área de estudo localiza-se na Floresta Nacional de Brasília (FLONA), pertencente às Regiões Administrativas (RA) Taguatinga e Brazlândia, a 23 km do centro de Brasília, Distrito Federal, Brasil (Figura 1). A FLONA de Brasília possui 9.346 hectares divididos em 4 glebas, o que corresponde a 1,61% da área do DF. A região de interesse escolhida para este estudo foi a Área 1, que corresponde a aproximadamente 36% da área total da FLONA e onde se encontra a sede da UC. A Área 1 está localizada em área urbana, porém abriga nascentes e trechos de córregos da Bacia do Rio Descoberto, principais contribuintes do lago do Descoberto, córregos Currais e Pedras.

A seleção dos pontos de amostragem foi definida com a finalidade de comparar os diferentes parâmetros analisados de acordo com a cobertura vegetal presente. Foram selecionados 4 pontos de amostragem, 2 deles agrupados na categoria Área Não Invasada - ANI, por estarem em áreas circundadas por vegetação nativa, e 2 agrupados na categoria Área Invasada - AI pela grande ocorrência de espécies exóticas invasoras, principalmente *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp., e espécie superdominante *Pteridium esculentum*. O Quadro 1 denomina os pontos observados e as suas localizações. A Figura 1 indica a localização dos pontos de amostragem do corpo hídrico estudado.



**Quadro 1.** Características dos pontos amostrados na Área 1 da Floresta Nacional de Brasília

Código	Nome	Distância (m) de talhões de <i>Pinus</i> sp.	Área dominada por <i>Pteridium esculentum</i> em 200m de raio ao redor do ponto	Distância (m) de talhões de <i>Eucalyptus</i> sp.	Coordenadas Geográficas (UTM)
AI1	Nascente I Córrego das Pedras	232	2.06	915	154430,6S; 480438,9O
AI2	Nascente do Córrego Currais	164	0.00	200	154711,2S; 480353,4O
ANI1	Espelho D'água	730	1.81	489	154425,4S; 480412,2O
ANI2	Nascente II Córrego das Pedras	476	0.20	354	154542,5S; 480342,8O

**Figura 1.** Mapa de localização dos pontos amostrados na Floresta Nacional de Brasília e talhões de *Pinus* sp. (em azul), *Eucalyptus* sp. (em rosa) e *Pteridium esculentum* (círculo verde)



Fonte: Elaborado pela autora.

### **3.2 Coleta, transporte e armazenamento das amostras**

A amostragem foi planejada de maneira que fosse possível observar suas variações em diferentes estações do ano. As duas primeiras coletas de água aconteceram em 8 de dezembro de 2020 e 19 de janeiro de 2021 (período chuvoso). Por outro lado, as duas últimas coletas foram realizadas em 8 de junho de 2021 e 6 de julho de 2021 (período de seca, sem chuvas). Todas as campanhas de coleta ocorreram no período da manhã, iniciando às 08:30 e finalizando às 12:00.

A amostragem seguiu as normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Cada coleta foi realizada manualmente em garrafas de polietileno e frascos de vidro de diferentes volumes devidamente lavadas e esterilizadas em autoclaves. Em função da profundidade dos corpos d'água optou-se pela coleta de água bruta superficial, ou seja, entre 0 e 30 centímetros da lâmina d'água. A água do corpo hídrico foi coletada em contra corrente ao fluxo da correnteza e posteriormente armazenadas em caixas de isopor refrigeradas. As amostras foram transportadas para início das análises em laboratório logo após o término das campanhas de amostragem.

### **3.3 Análises físico-químicas**

O pH, a temperatura da água (°C) e o oxigênio dissolvido (mg/L e % de saturação) foram determinados pela leitura do medidor multiparâmetro portátil (Modelo Hach HQ40d); para determinar a condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e os sólidos totais dissolvidos (ppm), foi utilizado o condutivímetro digital portátil (Modelo DataLogger CD 4307SD), sendo a análise dessas variáveis realizada em campo. Os ensaios físico-químicos laboratoriais foram realizados no Laboratório de Qualidade de Águas e Efluentes do Instituto Federal de Brasília (IFB) - campus Samambaia. As análises de turbidez (uT) foram determinadas com o uso do turbidímetro de bancada (Modelo Hach TL 2300), e o parâmetro cor aparente (uC), pelo espectrofotômetro de bancada (Modelo Hach DR 6000). A DBO foi determinada pelo método da diluição e incubação a 20°C - 5 dias recomendado pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1992).

### **3.4 Ensaios microbiológicos**

Para os ensaios microbiológicos baseou-se nos procedimentos indicados na Norma Técnica L5.202/18 da CETESB (CETESB, 2018), em que o Número Mais Provável – NMP de bactérias do grupo coliforme é determinado pela técnica dos tubos múltiplos. A técnica utilizou o fator 10 de diluição, que inoculou múltiplos e submúltiplos de 1ml da amostra, em séries de 5 tubos para cada volume inoculado. Os inóculos obtidos a partir da semeadura dessas diluições sucessivas forneceu combinações de resultados positivos e negativos, e permitiu a obtenção de uma estimativa de densidade das bactérias pela aplicação de cálculos de probabilidade. A determinação de coliformes totais se deu por meio de duas etapas, a de ensaio presuntivo e ensaio confirmativo. Já a densidade de coliformes termotolerantes ou *Escherichia coli* foi obtida a partir de um teste aplicado paralelamente ao de coliformes totais.

### **3.5 Análise dos dados**

Em concordância com a Nota Técnica 04/2014 – CTPA/CRH-DF que classifica o Ribeirão das Pedras como água doce Classe II - ao qual estão inseridos os pontos de amostragem - os valores obtidos foram comparados de acordo com as condições de qualidade estabelecidas pela Resolução CONAMA 357/2005.

Para analisar a correlação dos parâmetros de qualidade da água com a ocorrência de espécies invasoras na FLONA, utilizou-se a Análise de Componentes Principais ou PCA, no *software R*, uma técnica de análise estatística multivariada e exploratória de dados.

#### 4. Resultados

**Tabela 1.** Resultados dos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados nos 4 pontos, em quatro campanhas de amostragem

Parâmetro	1ª Campanha (08/12/20)				2ª Campanha (19/01/21)				3ª Campanha (08/06/21)				4ª Campanha (06/07/21)			
	AI1	AI2	ANI1	ANI2	AI1	AI2	ANI1	ANI2	AI1	AI2	ANI1	ANI2	AI1	AI2	ANI1	ANI2
pH	5,13	4,63	5,31	4,73	4,97	4,71	5,27	5,18	4,04	4,13	4,43	4,77	4,22	4,66	4,8	5,03
T, C°	21	22,7	23,9	22,6	21	21,6	22,7	20,9	20	21	19,5	18,8	19,3	20,5	17,5	18,3
OD, mg/L	5,4	6,25	4,71	5,01	5,79	6,43	4,96	5,12	5,92	6,4	5,32	5,34	5,94	6,57	5,79	5,65
OD, % sat	72,4	83,5	64,4	66,8	76,5	85,5	67,4	67,4	75,6	68,8	67,4	67,9	73,7	84	69,1	68
CE	3,9	4,2	3,5	3,4	3,5	4,2	3,8	3,6	3,4	4,3	3,4	3,2	1,2	1,5	1	0,6
STD	2,6	2,8	2,3	2,4	2,4	2,8	2,5	2,4	2,3	2,9	2,1	2,2	0,7	1	0,8	0,4
UNT	5,1	1,21	1,66	0,452	0,982	1,17	2,88	0,473	1,53	1,24	2,42	0,446	0,856	1,21	2,81	0,511
uC	38,348	11,179	14,111	13,006	5,53	8,82	18,51	2,94	10,446	10,27	16,125	6,522	5,284	5,352	15,428	14,856
DBO	0,2	0,4	0,8	0,8	0,5	0,2	1	0,8	1,1	1,1	0,9	0,7	1,1	1,6	1,1	1,3

Fonte: Elaborado pela autora.



**Figura 2.** AI1 - Nascente I Córrego das Pedras. Características: Local de difícil acesso; Mata de galeria densa e alta; Solo rico em matéria orgânica; Pouca incidência solar na água



**Figura 3.** AI2 - Nascente do Córrego Currais. Características: Local de fácil acesso; Mata de galeria densa e alta; Solo rico em matéria orgânica; Pouca incidência solar na água



**Figura 4.** ANI1 - Espelho D'água. Características: Local de fácil acesso; Problemas com erosão; Fitofisionomia de Vereda; Água não sombreada



**Figura 5.** ANI2 - Nascente II Córrego das Pedras. Características: Local de fácil acesso; Mata de galeria densa e alta; Solo rico em matéria orgânica; Pouca incidência solar na água

Fonte: A autora.

#### 4.1 Resultados físico-químicos

A variação de pH foi de 4,04 a 5,31, apresentando média de 4,95 e 5,03 na época chuvosa e 4,34 e 4,68 na seca. Os pontos ANI1 e ANI2 tiveram as maiores médias, com pH 4,95 e 4,93, respectivamente.

A temperatura no período chuvoso variou de 20,9 a 23,9°C, e no período de estiagem a variação foi de 18,3 a 21°C. Temperaturas mais altas foram registradas na primeira campanha, e as temperaturas mais baixas foram registradas na quarta campanha. A média da variação entre os pontos foi baixa.

O OD (mg/L) teve, de forma geral, um aumento crescente ao longo das campanhas de amostragem, com variação de 4,71 a 6,57 mg/L. As maiores médias foram dos pontos AI1 (5,76) e AI2 (6,41).

O OD (% sat) variou de 64,4% a 85,5%, e apresentou menores médias nos pontos ANI1 e ANI2.

A CE variou de 3,4 a 4,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nas duas primeiras campanhas (período chuvoso) e de 0,6 a 4,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nas duas últimas campanhas (seca). Sendo que, os valores mais baixos observados para cada ponto, foram da quarta campanha de coleta. Os pontos ANI1 e ANI2 apresentaram as menores médias.

Os STD variaram, no período chuvoso, de 2,3 a 2,8 ppm e no período de seca, de 0,4 a 2,9 ppm. Os valores mais baixos, em todos os pontos, foram da quarta campanha. Os pontos AI1 e AI2 apresentaram as maiores médias.

A turbidez apresentou mínima de 0,452 e máxima de 5,1 UNT no período chuvoso, e de 0,446 a 2,81 UNT no período de seca. Os pontos AI1 e ANI1 apresentaram maiores médias.

A cor aparente variou de 2,94 a 38,348 uC no período chuvoso e de 5,284 a 14,856 uC na seca. As maiores médias foram para os pontos AI1 e ANI1.

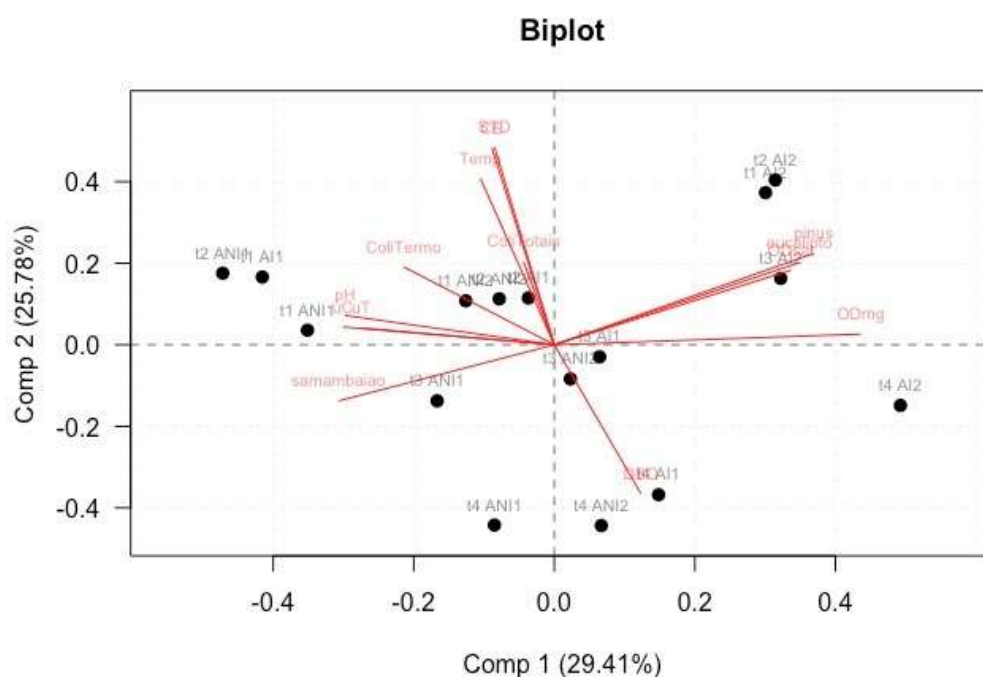
A DBO teve mínima de 0,2 e máxima de 1 mg/L no período chuvoso, e de 0,7 a 1,6 mg/L na seca. Na 4ª campanha, observou-se os maiores valores de todos os pontos. Os pontos AI1 e AI2 apresentaram as menores médias.

## 4.2 Resultados microbiológicos

Para os coliformes totais, os resultados tiveram mínima de <math><18/100\text{ml}</math> e máxima de 5.400/100ml no período chuvoso e mínima de <math><18/100\text{ml}</math> e máxima de 3.300/100ml na seca. Os maiores valores foram detectados na 2º campanha e menores na 4º campanha. Os pontos AI1 e ANI2 tiveram maior número de coliformes totais por 100 ml. Já para os coliformes termotolerantes, 43,75% dos resultados apresentaram valores abaixo de 18/100ml. No período chuvoso, a variação foi de <math><18/100\text{ml}</math> a 1.300/100ml, e no período de seca foi de <math><18/100\text{ml}</math> a 78/100ml. Os pontos ANI1 e ANI2 tiveram maior número de coliformes termotolerantes por 100 ml.

## 4.3 Resultados Análise de Componentes Principais

**Figura 6.** Análise de componentes principais dos parâmetros físico-químicos e biológicos da água (pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, turbidez, cor aparente, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais e coliformes termotolerantes) nos córregos da Floresta Nacional de Brasília, Área 1, e a influência de espécies exóticas invasoras (distância de talhões de *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp. e área dominada por *Pteridium esculentum* em raio de 200m) em quatro pontos (AI1, AI2, ANI1 e ANI2) amostrados em quatro períodos (dez/20 = t1, jan/21 = t2, jun/21 = t3 e jul/21 = t4)



Fonte: A autora.

A análise de componentes principais (PCA) nos indica que a época de coleta dos dados tem influência marcante em relação aos valores de CE, STD, temperatura, coliformes totais e DBO. Nos períodos chuvosos há maiores valores de CE, STD, temperatura e coliformes fecais, e menores valores de DBO, sendo que nas coletas no período seco a relação é oposta.

A PCA nos indica ainda uma relação positiva entre as áreas mais próximas de talhões de *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.* e os valores percentuais de OD, e de forma menos direta, uma relação inversa com as variáveis pH, uC e uT. Sendo que estas relações se tornam inversas em pontos com maiores áreas dominadas por *Pteridium esculentum* nas proximidades. Tendo em vista que as áreas mais próximas de *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.* tem menores áreas de *Pteridium esculentum* nas proximidades.



**Figura 7.** *Eucalyptus sp.* Na Floresta Nacional de Brasília.  
Fonte: A autora



**Figura 8.** *Pinus sp.* e gramíneas invasoras *Rhynchelytrum sp.* na Floresta Nacional de Brasília.  
Fonte: A autora



**Figura 9.** *Pteridium esculentum* na Floresta Nacional de Brasília.  
Fonte: A autora



## 5. Discussão e Conclusões

### 5.1 Parâmetros físico-químicos

Em termos de potencial hidrogeniônico, as águas estudadas foram caracterizadas como levemente ácidas ( $\text{pH} > 6,0$ ), encontrando-se abaixo do critério estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água doce de Classe II (6,0 a 9,0). Os resultados para pH, apesar da baixa variabilidade, revelaram valores um pouco mais altos - e próximos do ideal - nas coletas realizadas no período chuvoso e nos pontos ANI1 e ANI2. A concentração de íons  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$ , na água no ambiente natural, é influenciada por sais, ácidos e bases presentes no meio. Esses dados fornecem informações sobre a sua qualidade, a qualidade do ambiente, o tipo de poluição química da água e a qualidade do ambiente (Donadio et al. 2005).

Constatou-se que, nos quatro pontos investigados a temperatura da água se manteve estável com relação ao clima do bioma Cerrado, onde nas duas primeiras campanhas de amostragem realizadas no verão (período chuvoso), a temperatura da água variou na faixa de  $20,9^\circ\text{C}$ - $23,9^\circ\text{C}$ , e no inverno (período seco), a temperatura da água esteve mais baixa, entre  $18,3^\circ\text{C}$ - $21^\circ\text{C}$ . Essa variação é considerada natural e sugere que não há alterações significativas no ambiente aquático, o que favorece a preservação da diversidade biológica. Não houve expressiva variabilidade espacial para este parâmetro.

A água, em condições normais, contém oxigênio dissolvido, e essa concentração de OD presente na água pode variar de acordo com a altitude e temperatura do meio. Os valores observados para OD mantiveram-se de acordo com a condição de qualidade estabelecida de não inferior a 5 mg/L, com exceção da primeira e segunda amostragem no ponto ANI1. Contudo, estas concentrações pouco abaixo de 5 mg/L não acarretam em prejuízos significativos aos usos da água e ao ecossistema aquático, pois não se encontram em estado eutrófico (quando há excessivo crescimento de algas) nem em hipóxia (quando há baixíssima concentração de oxigênio dissolvido).

Quanto à condutividade elétrica, evidenciou-se a baixa condutividade em todos os pontos com valores menores que  $5 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Essa propriedade indica a capacidade natural da água em transmitir corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas. De acordo com Libânio (2010), águas naturais apresentam usualmente condutividade elétrica inferior a  $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ , podendo atingir  $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$  em corpos

d'água receptores de elevadas cargas de efluentes domésticos e industriais, portanto, este parâmetro encontra-se de acordo.

Para os STD estarem de acordo com a resolução 357/05, seus valores devem ser de até 500 mg/L. Os pontos analisados apresentaram no máximo 2,9 mg/L de sólidos totais dissolvidos, e estão de acordo com a resolução. Os sólidos totais dissolvidos apresentaram maiores valores no período chuvoso, o que era esperado devido a agitação no corpo hídrico.

O parâmetro turbidez, deve estar abaixo de 100,0 UNT segundo a resolução 357/05. O valor máximo medido foi de 5,1 e indica que há pouca presença de materiais sólidos em suspensão. A primeira campanha revelou maior turbidez, em geral, os teores de turbidez estão relacionados ao material em suspensão presente nos corpos d'água, e esta concentração aumenta no período de chuvas. O ponto ANI1 foi o que apresentou a maior média para este parâmetro, isto se deve por ser um local atrativo para banho. A cor aparente, que se refere à determinação de cor em amostras com turbidez, também apresentou valores considerados adequados.

A demanda bioquímica de oxigênio determina a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica biodegradável presente na água. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece que o DBO ideal é de até 5 mg/L. A ocorrência de altos valores deste parâmetro causa uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar mortandades de peixes e eliminação de outros organismos aquáticos, seu limite aceitável é de 5 mg/L, portanto, todos os valores encontrados estão em conformidade com o que a resolução prevê. Houve uma diminuição da DBO no período chuvoso e aumento no período de seca, mas não houve expressiva variabilidade espacial para este parâmetro.

## **5.2 Parâmetros microbiológicos**

Para classificar a qualidade da água como própria ou imprópria de acordo com o que estabelece a resolução CONAMA 274/2000 e CONAMA 357/2005, para abastecimento e demais usos, deveriam ter sido coletadas pelo menos 6 amostras de água em cada ponto, durante o período de um ano. No entanto, considerando que não deveria ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais das amostras coletadas, segundo a CONAMA 357/2005, apenas o ponto ANI1 apresentou tendência a não adequação.

De acordo com Cunha et al. (2003) durante a estação chuvosa, a concentração de coliformes aumenta vertiginosamente, sendo nítida a diferença das concentrações médias durante este período. Este argumento corrobora os resultados aqui obtidos para coliformes totais e termotolerantes. A explicação mais provável se deve às cargas de poluentes lixiviados pela água das chuvas, quando são carregadas pelas correntes para os corpos de água superficiais, elevando assim, a sua concentração. Por outro lado, a presença de coliformes não indica diretamente a presença de patogênicos ou de contaminação humana, mas é uma boa estimativa da probabilidade de ocorrência deste tipo de organismo (Cunha et al., 2004). A presença de coliformes identificadas nas águas amostradas da FLONA, principalmente no ponto ANI1, podem ser originadas pelas fezes de animais endotérmicos.

### **5.3 Análise de Componentes Principais**

Há poucos pontos de amostragem em poucos momentos ao longo do tempo para que seja possível determinar uma relação de causalidade, mas parece haver uma relação entre a distância de talhões de *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.* com parâmetros físico-químicos da água. Florestas plantadas de *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.* modificam o funcionamento dos ecossistemas alterando a composição química dos solos e, portanto, os sedimentos carregados destas áreas podem ter efeito nas propriedades físico-químicas da água. Da mesma forma, áreas dominadas por *Pteridium esculentum* indicam uma perturbação ocasionada por incêndios que degradam principalmente formações florestais. Pode ser que as áreas dominadas por *Pteridium esculentum* possibilitem um maior carregamento de sedimentos que áreas cobertas por matas de galeria conservadas, ocasionando uma maior turbidez e alterando a cor aparente da água.

### **5.4 Considerações finais**

A água nos córregos da Área 1 da Floresta Nacional de Brasília apresentam boa qualidade em termos físicos, químicos e biológicos. Apesar disso, talvez esteja ocorrendo uma influência na qualidade da água pela presença de talhões de *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.*, e pela degradação das matas de galeria por incêndios e a subsequente dominância de *Pteridium esculentum*.

## **6. Recomendações para o manejo**

A utilização da água como indicador qualitativo exige estudos complementares, que permitam verificar outros fatores que possam interferir na sua qualidade. Para tanto, sugere-se estudos mais aprofundados e detalhados sobre o efeito das espécies invasoras na qualidade da água da Floresta Nacional de Brasília.

As espécies invasoras são consideradas uma das maiores ameaças à biodiversidade, portanto, o seu controle é imprescindível para a conservação da biodiversidade e possivelmente podem ainda estar afetando serviços ambientais como a produção de água, importante atributo da Floresta Nacional de Brasília. Diante disso, recomenda-se, se possível, o corte e retirada de espécies com valor comercial, como *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.*; aplicação de métodos de controle para gramíneas invasoras, e plantio de árvores nativas do Cerrado.

A FLONA é uma UC de entrada gratuita, suas trilhas recebem dezenas de ciclistas e pedestres diariamente. Esse grande fluxo de pessoas também pode impactar as nascentes abrigadas pela UC, por isso, sugere-se a limitação do acesso nos pontos mais sensíveis à perturbação.

## **7. Agradecimentos**

Agradeço ao CNPq, pela concessão da bolsa de Iniciação Científica e ao ICMBio e Universidade de Brasília, pela oportunidade de realizar essa pesquisa. Ao orientador Alexandre Bonesso Sampaio, pelo apoio e incentivo durante todo o desenvolvimento do trabalho. Ao Instituto Federal de Brasília - campus Samambaia, por ceder o laboratório que viabilizou esta pesquisa e que tanto me ensinou. Às professoras Jackeline Benassuly Barbosa e Franciele Campos Lima do IFB por todo amparo em campo e em laboratório. Às técnicas do laboratório, Gabriela e Carol, pelo treinamento e confiança. Aos meus colegas Marcos Rosetti, Samuel Caprini e Larissa Machado pelo auxílio nas análises.

## 8. Citações e referências bibliográficas

APHA. **Standard Methods: For The Examination Of Water And Wastewater.** American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 1992.

BRASIL. Decreto de 10 de junho de 1999: **Autoriza a União a aceitar doação de imóveis que menciona, cria a Floresta Nacional de Brasília, e dá outras providências.** Diário Oficial da União. 1999.

BRASIL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Nota Técnica nº 04 de 2014 – CTPA/CRH-DF: **Enquadramento dos corpos de água superficiais do Distrito Federal.**

BRASIL. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000: **Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005: **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2005.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Índice de Qualidade das Águas.** São Paulo. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-C-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>> Acesso em: maio de 2021.

CETESB. Norma Técnica L5.202. **Coliformes totais, coliformes termotolerantes e Escherichia coli - Determinação pela técnica de tubos múltiplos.** 5ª Edição, 2018.

CHAMIER, J., SCHACHTSCHNEIDER, K., LE MAITRE, D. C., ASHTON, P. J., & VAN WILGEN, B. W. **Impacts of invasive alien plants on water quality, with particular emphasis on South Africa.** Water SA, 38(2), 345-356. 2012.

CUNHA, A. C. et al. **Monitoramento de Águas Superficiais em Rios Estuarinos do Estado Amapá sob Poluição Microbiológica,** Boletim Museu Paraense Emilio Goeldi, série. Ciências Naturais, Belém, v.1, 2003.

CUNHA, A. C; CUNHA, H. F. A.; BRASIL JR., A. C. P; DANIEL, L. A; SCHULZ, H. E. **Qualidade microbiológica da água de rios de áreas urbanas e periurbanas no baixo Amazonas: o caso do Amapá.** Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p. 322-328, 2004.

DAVIES, M. A. **Invasion Biology.** Oxford University Press. 244p. 2009.

DONADIO N.M.M., Galbiatti J.A., Paula R.C. 2005. **Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil.** In: Engenharia Agrícola, 25(1): 115-125.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL (GDF). **Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal**. Diagnóstico, ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal, v. 1, 2012

GISP. **Invasive alien species and protected areas A scoping report, part I**. The global invasive species programme. 93p. 2007. <[http://www.issg.org/pdf/publications/gisp/resources/ias\\_protectedareas\\_scoping\\_i.pdf](http://www.issg.org/pdf/publications/gisp/resources/ias_protectedareas_scoping_i.pdf)>. Acesso em: 02 de maio de 2021.

ICMBIo. **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Brasília**. Brasília. 2016.

LIBANIO, Marcelo. **Fundamentos da Qualidade e Tratamento de Água**. São Paulo: Átomo, 2010.

LOCKWOOD, J.L.; HOOPES, M.F. & MARCHETTI, M.P. **Invasion Ecology**, Blackwell Publishing, 2007.

PIVELLO, V. R. **Invasões biológicas no Cerrado Brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade**. ECOLOGIA. INFO 33, 2006.

PIVELLO, V. R. **The use of fire in Brazil: past and present**. Fire Ecology, 7, 2011.

SAMPAIO, A. B. e SCHMIDT, I.B. **Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil**. Biodiversidade Brasileira, 2013.

UNEP. **Implications of the findings of the Millennium Ecosystem Assessment for the future work of the Convention – Addendum - Summary for decision makers of the biodiversity synthesis report**. UNEP, 2005.