



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS INFRAÇÕES AMBIENTAIS NO  
ESTADO DO AMAZONAS NOS ANOS DE 2016 E 2017**

Igor Cobelo Ferreira

BRASÍLIA, DF

2018

Igor Cobelo Ferreira

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS INFRAÇÕES AMBIENTAIS NO  
ESTADO DO AMAZONAS NOS ANOS DE 2016 E 2017**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília como requisito à obtenção do grau de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Job Biali

BRASÍLIA, DF

2018

## RESUMO

FERREIRA, Igor Cobelo. **Distribuição espacial das infrações ambientais no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017**. 2018. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, DF. Orientador: Leonardo Job Biali.

O intenso desenvolvimento da região amazônica contribuiu para gerar consideráveis impactos ambientais e aumento nas taxas de desmatamento. A fiscalização ambiental, neste contexto, é um dos principais instrumentos para coibir ações ilegais. Este trabalho analisou a distribuição espacial das infrações ambientais autuadas no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017 pelo IPAAM (Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas), agrupando as microrregiões geográficas de acordo com as categorias de infração, visando gerar informações que possam aumentar a eficiência da fiscalização. As análises demonstraram a existência de quatro grupos bem definidos. O primeiro, situado a oeste do estado, foi caracterizado por poucas infrações; o segundo, adjacente a Manaus, por crimes contra a fauna silvestre; o terceiro, ao norte e ao sul do estado, por grande quantidade de infrações e variedade de categorias; e o quarto, composto apenas da microrregião de Manaus, pelas categorias empreendimento/atividade sem autorização e descumprimento de licença, contando com a maioria das ocorrências de infrações do estado.

Palavras-chave: Infrações ambientais; PCA; Análise de Agrupamento; Distribuição espacial; Amazonas.

## ABSTRACT

FERREIRA, Igor Cobelo. **Spatial distribution of the environmental infractions in the state of Amazonas in the years 2016 and 2017.** 2018. Monography (Bachelor in Forestry Engineering) - University of Brasília, Brasília, DF. Advisor: Leonardo Job Biali.

The intense development of the Amazon region contributed to generate considerable environmental impacts and increased rates of deforestation. The environmental monitoring, in this context, is one of the main instruments to curb illegal actions. This work analyzed the spatial distribution of environmental infractions assessed in the state of Amazonas in the years 2016 and 2017 by IPAAM (Amazonas Environmental Protection Institute), grouping the geographic microregions according to the categories of infraction, aiming to generate information that can increase the efficiency of the monitoring. The analyzes demonstrated the existence of four well-defined clusters. The first, located to the west of the state, was characterized by few infractions; the second, adjacent to Manaus, for crimes against wildlife; the third, to the north and to the south of the state, by great amount of infractions and variety of categories; and the fourth, composed only of the microregion of Manaus, by the enterprise/activity without authorization and non-compliance of the license categories, counting with the majority of occurrences of infractions of the state.

Keywords: Environmental infractions; PCA; Cluster Analysis; Spatial distribution; Amazonas.

## **AGRADECIMENTOS**

Meus sinceros agradecimentos aos meus pais, que me ensinaram os passos da vida; ao meu filho Emanuel, que me dá motivos para sorrir e ser uma pessoa forte todos os dias; às minhas irmãs lindas, pela amizade; e a toda a minha família, por existir.

Agradeço também aos professores do Departamento de Engenharia Florestal, pelo aprendizado; ao meu orientador, pelo auxílio, amizade e paciência; às pessoas com quem já trabalhei, por todos os estágios que me forneceram bases profissionais e um olhar especial para a Amazônia; e a todos meus amigos e amigas, os quais me inspiraram e me apoiaram até aqui.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCC	Coeficiente de Correlação Cofenética
CP	Componente Principal
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DOF	Documento de Origem Florestal
GMS	Graus, Minutos e Segundos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPAAM	Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PCA	Análise de Componentes Principais
PPCDAm	Plano de Prevenção e Combate do Desmatamento na Amazônia

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quantidade de infrações ambientais por microrregião do estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017 .....	17
Figura 2 - Quantidade de categorias de infração ambientais no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017 .....	18
Figura 3 - Representação bidimensional das autuações ambientais no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017 representando as duas primeiras componentes principais .....	19
Figura 4 - Validação do método de agrupamento por meio do Coeficiente de Correlação Cofenética.....	20
Figura 5 - Dendrograma da Análise de Agrupamento das microrregiões do estado do Amazonas de acordo com as infrações ambientais dos anos de 2016 e 2017.....	21
Figura 6 - Mapa das infrações ambientais no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017 sobre os modais hidroviário e rodoviário do estado ..	24
Figura 7 - Mapa dos grupos formados pelas microrregiões do estado do Amazonas de acordo com as autuações ambientais dos anos de 2016 e 2017 .....	25
Figura 8 - Quantidade de infrações lavradas nos anos de 2016 e 2017 dentro do Grupo 3, por categoria .....	28
Figura 9 - Quantidade de infrações lavradas nos anos de 2016 e 2017 dentro do Grupo 4, por categoria .....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista dos municípios que compõe as microrregiões do estado do Amazonas .....	11
Tabela 2 - Autovalores e percentual de variância da Análise de Componentes Principais das infrações ambientais no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017 .....	18
Tabela 3 - Valores das correlações das autuações ambientais no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017 com seu componente associado e respectivo p-valor .....	19
Tabela 4 - Análise da tendência de agrupamento das microrregiões do estado do Amazonas a partir das autuações ambientais lavradas em 2016 e 2017 .....	20
Tabela 5 - Quantidade de animais registrados por meio das autuações no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017 .....	26
Tabela 6 - Peso de animais registrados por meio das autuações no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017 .....	26

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1 Objetivos.....	10
1.1.1 Objetivo geral .....	10
1.1.2 Objetivos específicos .....	10
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
2.1 Área de estudo .....	11
2.2 Base de dados e <i>softwares</i> utilizados.....	12
2.3 Análise de Componentes Principais (PCA) .....	13
2.4 Agrupamento das microrregiões.....	14
2.5 Distribuição espacial.....	16
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>17</b>
3.1 Informações gerais .....	17
3.2 Análise de Componentes Principais (PCA) .....	18
3.3 Agrupamento das microrregiões.....	20
3.4 Distribuição espacial.....	21
3.4.1 Grupo 1 .....	22
3.4.2 Grupo 2 .....	22
3.4.3 Grupo 3 .....	27
3.4.4 Grupo 4 .....	29
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO I – Funções e Código R.....</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os investimentos em infraestrutura resultantes das políticas públicas desenvolvimentistas aplicadas à região amazônica, iniciados nas décadas de 1960 e 1970 (Margarit, 2013), apesar de terem contribuído para sua aproximação com outras regiões do Brasil, também contribuíram para gerar consideráveis impactos ambientais nas áreas urbanas e rurais (Serra & Fernández, 2004). Os grandes investimentos em infraestrutura nas últimas décadas, especialmente as rodovias, têm sido um dos principais vetores do desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm, 2004).

No estado do Amazonas, o crescimento populacional e a consequente pressão sobre os recursos naturais podem ser divididos basicamente em dois períodos: no auge do ciclo da borracha, com a chegada de trabalhadores nordestinos, entre 1840 e 1910, e na implantação da Zona Franca de Manaus, com um novo ciclo de desenvolvimento econômico no estado, nas décadas de 1970 e 1980 (Cunha, 2009).

O desmatamento ilegal na região amazônica é uma das grandes preocupações da agenda ambiental brasileira e internacional. Em 2004 as ações de fiscalização ambiental foram intensificadas por meio do Plano de Prevenção e Combate do Desmatamento na Amazônia (PPCDAm, 2004). Em 2009, o país assumiu o compromisso de reduzir em 80% as emissões de gases de efeito estufa projetadas até 2020 na Amazônia por meio da Política Nacional de Mudanças Climáticas (Brasil, 2009).

A fiscalização do desmatamento e aplicação de sanções administrativas é função de quem detém a competência para autorizar a supressão vegetal, de acordo com a LC 140 (Brasil, 2011). Segundo Schmitt & Scardua (2015), a competência prevalente de fiscalizar 85,6% do desmatamento que ocorre na Amazônia é dos estados, sendo que o órgão ambiental federal fiscaliza apenas supletivamente.

No estado do Amazonas, o órgão responsável pela fiscalização ambiental é o IPAAM – Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas. As sanções penais e administrativas das infrações são aplicadas, principalmente, por meio da Lei Nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais) (Brasil, 1998).

Este estudo tem por propósito verificar a distribuição dos autos de infração ambiental no estado do Amazonas e agrupar as microrregiões de ocorrência de acordo com as categorias de infração, buscando auxiliar na melhoria da eficiência de ações e estratégias da fiscalização junto aos tomadores de decisão do órgão responsável.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Caracterizar o estado do Amazonas em relação às autuações ambientais aplicadas nos anos de 2016 e 2017 pelo IPAAM, de acordo com a distribuição espacial das ocorrências, visando gerar informações que possam aumentar a eficiência da fiscalização ambiental no estado.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- 1) Agrupar as microrregiões de acordo com as categorias de infração;
- 2) Mapear o agrupamento e identificar suas características.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estado do Amazonas está inserido completamente no bioma Amazônia (MMA, 2018), com 95,2% de cobertura florestal (Projeto MapBiomas, 2016). É o maior em área territorial do país, com 1.559.161,6 km<sup>2</sup>, e possui um dos menores índices de densidade demográfica, 2,23 habitantes por km<sup>2</sup>, sendo caracterizado por uma população 79% urbana e 21% rural. Manaus, a capital do estado, é a cidade mais populosa da região Norte, com 1.802.525 habitantes (IBGE, 2010).

Este estudo enfoca as treze microrregiões geográficas do estado, as quais compreendem 62 municípios (Tabela 1). De acordo com o IBGE (1990), as microrregiões apresentam especificidades quanto à organização do espaço, resultantes da presença de elementos do quadro natural ou de relações sociais e econômicas particulares. O emprego de uma estratificação oficial permite que o trabalho seja replicado e comparado por estudos com outros enfoques.

O transporte fluvial de cargas e passageiros no estado é essencial, devido à sua extensa rede de rios navegáveis – 12.479,8 km (DNIT, 2018) –, e o baixo valor comparado ao dos outros modais. As demais modalidades de transporte são naturalmente integradas com o sistema hidroviário, complementando-o. Os aeroportos do estado, por exemplo, foram construídos próximos aos rios. Em relação ao transporte hidroviário, o tempo do transporte de cargas por via aérea é enormemente reduzido, mas a capacidade de carga é menor e o custo, maior. O modal rodoviário, por sua vez, possui maior velocidade de locomoção que o fluvial, mas os embarques no estado ocorrem com maior frequência pelos rios, em decorrência da localização da população em suas margens e da precariedade das rodovias (Silva & Silveira, 2012).

Tabela 1. Lista dos municípios que compõe as microrregiões do estado do Amazonas.

<b>Microrregião</b>	<b>Municípios</b>
Alto Solimões	Amaturá, Atalaia do Norte, Benjamin Constant, Fonte Boa, Jutaí, Santo Antônio do Içá, São Paulo de Olivença, Tabatinga, Tonantins.
Boca do Acre	Boca do Acre, Pauini.
Coari	Anamã, Anori, Beruri, Caapiranga, Coari, Codajás.
Itacoatiara	Itacoatiara, Itapiranga, Nova Olinda do Norte, Silves, Urucurituba.
Japurá	Japurá, Maraã.

Juruá	Carauari, Eirunepé, Envira, Guajará, Ipixuna, Itamarati, Juruá.
Madeira	Apuí, Borba, Humaitá, Manicoré, Novo Aripuanã.
Manaus	Autazes, Careiro, Careiro da Várzea, Iranduba, Manacapuru, Manaquiri, Manaus.
Parintins	Barreirinha, Boa Vista do Ramos, Maués, Nhamundá, Parintins, São Sebastião do Uatumã, Uruará.
Purus	Canutama, Lábrea, Tapauá.
Rio Negro	Barcelos, Novo Airão, Santa Isabel do Rio Negro, São Gabriel da Cachoeira.
Rio Preto da Eva	Presidente Figueiredo, Rio Preto da Eva.
Tefé	Alvarães, Tefé, Uarini.

## 2.2 Base de dados e softwares utilizados

Os autos de infrações utilizados para análise neste trabalho são provenientes do Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), fornecidos por iniciativa de transparência ativa em seu sítio eletrônico<sup>1</sup>. Foram 875 infrações consideradas na análise, referentes aos anos de 2016 e 2017.

As infrações foram divididas em oito categorias, de acordo com sua descrição: 1) Crime contra a fauna silvestre; 2) Descumprimento de embargo/notificação; 3) Descumprimento de licença; 4) Empreendimento/atividade sem autorização; 5) Omissão/desatualização/falsificação do DOF (Documento de Origem Florestal); 6) Porte/utilização de equipamento sem autorização; 7) Supressão vegetal ilegal; e 8) Outros. Deste modo, foi contabilizada a quantidade de infrações de cada categoria para sua respectiva microrregião de ocorrência.

O mapeamento das ocorrências foi analisado em conjunto com a localização das rodovias e rios navegáveis do estado, buscando identificar a logística das fiscalizações. Os arquivos *shapefiles* foram oriundos do VGeo – Visualizador de Informações Geográficas – do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2018).

A organização inicial do conjunto de dados e a categorização das infrações foram realizadas por meio do *software* Microsoft® Excel® 2016; o mapeamento pelo ArcGIS Desktop 10.5 (ESRI, 2017); e a Análise de Componentes Principais e Análise de Agrupamento pelo RStudio (RStudio

<sup>1</sup> <http://www.ipaam.am.gov.br/transparencia-ipaam/>

Team, 2016), um *software* livre para ambiente de computação estatística com desenvolvimento integrado para linguagem R (R Core Team, 2017).

Para as análises feitas em linguagem R, foram utilizados os seguintes pacotes, todos inclusos no repositório CRAN (*The Comprehensive R Archive Network*): *FactoMineR* (Le *et al.*, 2008), *factoextra* (Kassambara & Mundt, 2017), *cluster* (Maechler *et al.*, 2017) e *clustertend* (YiLan & RuTong, 2015). As funções e os códigos utilizados estão descritos no Anexo I.

### 2.3 Análise de Componentes Principais (PCA)

Antes da execução da Análise de Agrupamento, as categorias das infrações foram redimensionadas por meio da PCA, visando a melhor representação do conjunto de dados concentrando a maior parte da informação (variância) em um número menor de variáveis.

A redução de dimensionalidade executada pela PCA é realizada transformando a matriz de dados original X em um novo sistema de coordenadas por uma transformação linear ortogonal (Le *et al.*, 2008), por meio da seguinte equação:

$$G_s(k) = \frac{1}{\sqrt{\lambda_s}} \cdot \sum_k x_{ik} \cdot p_i \cdot F_s(i)$$

Em que:

$G_s(k)$  = vetor da coordenada da variável k no eixo s;

$\lambda_s$  = autovalor associado ao eixo s;

$p_i$  = peso associado ao indivíduo i;

$x_{ik}$  = termo geral da tabela de dados (linha i, coluna k).

A qualidade de representação de uma variável é medida pelo cosseno ao quadrado entre o vetor emitido pela variável e sua projeção no eixo. Quanto mais próximo de um, melhor a projeção da variável no eixo. As variáveis utilizadas para a análise foram, então, representadas em um gráfico com as duas primeiras dimensões, as quais melhor explicam a variabilidade dos dados.

Com base na inspeção dos autovalores da matriz de correlação e pela regra de Kaiser (1960), foram retidos os componentes com autovalores maiores ou iguais a um. Para estes componentes, foi obtida sua correlação e seu p-valor em relação à variável original, de forma a caracterizar as componentes principais formadas.

## 2.4 Agrupamento das microrregiões

As microrregiões do estado do Amazonas foram agrupadas utilizando a técnica estatística multivariada de Análise de Agrupamento (*Cluster Analysis*), objetivando classifica-las em grupos (*clusters*) com homogeneidade dentro e heterogeneidade entre eles (Johnson & Wichern, 1992).

Antes da aplicação do método de agrupamento, foi verificada sua viabilidade, conferindo se o conjunto de dados possui grupos significativos, ou seja, estruturas não aleatórias. A tendência de agrupamento foi verificada pela estatística de Hopkins (*H*). Este método testa a aleatoriedade espacial de um conjunto de dados medindo sua probabilidade de ser gerado por uma distribuição uniforme (Lawson & Jurs, 1990). Valores de *H* próximos a 0,5 indicam que o conjunto de dados está distribuído aleatoriamente, enquanto valores próximos a 0 ou 1 anulam essa hipótese, indicando que os dados são altamente agrupáveis ou distribuídos regularmente. O teste foi realizado para a base de dados original e para a mesma base de dados aleatorizada. A equação é definida por:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n y_i}$$

Em que:

$X_i$  = distância entre dois pontos de uma amostra de dados uniforme;

$Y_i$  = distância entre dois pontos de uma amostra de dados aleatória.

A dissimilaridade entre os objetos foi obtida utilizando a distância euclidiana, visto que este método considera as magnitudes das observações, e não apenas os mesmos perfis gerais, como é o caso de medidas de similaridade baseadas em correlação (Kassambara, 2017). A distância euclidiana é expressa pela equação:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

Em que:

$x$  e  $y$  = dados observados de comprimento  $n$ .

Os grupos foram obtidos por meio do método de agrupamento hierárquico aglomerativo (*bottom-up*) de Ward (1963). Seu algoritmo procura minimizar a soma de quadrados dentro dos grupos, maximizando sua homogeneidade (Sharma, 1996), por meio da seguinte equação:

$$W = \sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{1}{n} \cdot \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2$$

Em que:

$X_i$  = distância euclidiana entre as observações.

O método de agrupamento foi validado pelo Coeficiente de Correlação Cofenética (CCC) (Sokal & Rohlf, 1962), que mede o grau de ajuste entre a matriz de dissimilaridade original (matriz D) e a matriz resultante do método de agrupamento (matriz C). Essa correlação equivale à correlação de Pearson entre as duas matrizes, de forma que quanto mais próximo de 1, menor será a distorção provocada pelo agrupamento dos indivíduos em relação à estrutura original dos dados. De acordo com Rohlf (1970), agrupamentos hierárquicos com CCC menor do que 0,7 indicam a inadequação do método para resumir apropriadamente o conjunto de dados. O coeficiente é calculado da seguinte forma:

$$r_{\text{cof}} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \cdot \sum_{j=i+1}^n (c_{ij} - \bar{c}) \cdot (d_{ij} - \bar{d})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} \cdot \sum_{j=i+1}^n (c_{ij} - \bar{c})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (d_{ij} - \bar{d})^2}}$$

Em que:

$c_{ij}$  = valor de dissimilaridade entre os indivíduos i e j, obtidos a partir da matriz cofenética;

$d_{ij}$  = valor de dissimilaridade entre os indivíduos i e j, obtidos a partir da matriz de dissimilaridade.

$$\bar{c} = \frac{2}{n(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \cdot \sum_{j=i+1}^n c_{ij}$$

$$\bar{d} = \frac{2}{n(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \cdot \sum_{j=i+1}^n d_{ij}$$

A seleção final da quantidade de grupos pode ser definida por diversos métodos, além do conhecimento do pesquisador acerca de seus dados (Hair, 2005). Neste trabalho, a definição da quantidade de grupos foi realizada por meio da análise visual do dendrograma, uma representação matemática na forma de um diagrama bidimensional gerado a partir da execução do agrupamento hierárquico, ilustrando todo o procedimento da hierarquização aglomerativa. Para isso, foi traçada uma linha de corte perpendicular ao eixo de similaridade do dendrograma que melhor caracterizou cada grupo de acordo com suas variáveis.

## 2.5 Distribuição espacial

Foram mapeadas todas as infrações com coordenadas geográficas disponíveis. Para isso, as coordenadas em formato GMS (Graus, Minutos e Segundos) foram convertidas para graus decimais e, em seguida, importadas pelo software ArcGIS 10.5. Das 875 infrações disponíveis, 650 apresentavam coordenadas presentes ou legíveis.

Dois mapas foram gerados, o primeiro apresenta a distribuição das infrações sobre os rios navegáveis e rodovias no estado, gerando informações que buscam identificar a logística das ocorrências, bem como suas possíveis movimentações. O segundo é o resultado do mapeamento do agrupamento, apresentando a distribuição sobre os grupos gerados, complementando as informações geradas pelo primeiro mapa.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Informações gerais

A microrregião de Manaus representou 56,2% do total das autuações, seguida de Madeira e Parintins, com 9,7% e 9,2%, respectivamente. Em Boca do Acre não houve nenhuma autuação (Figura 1).

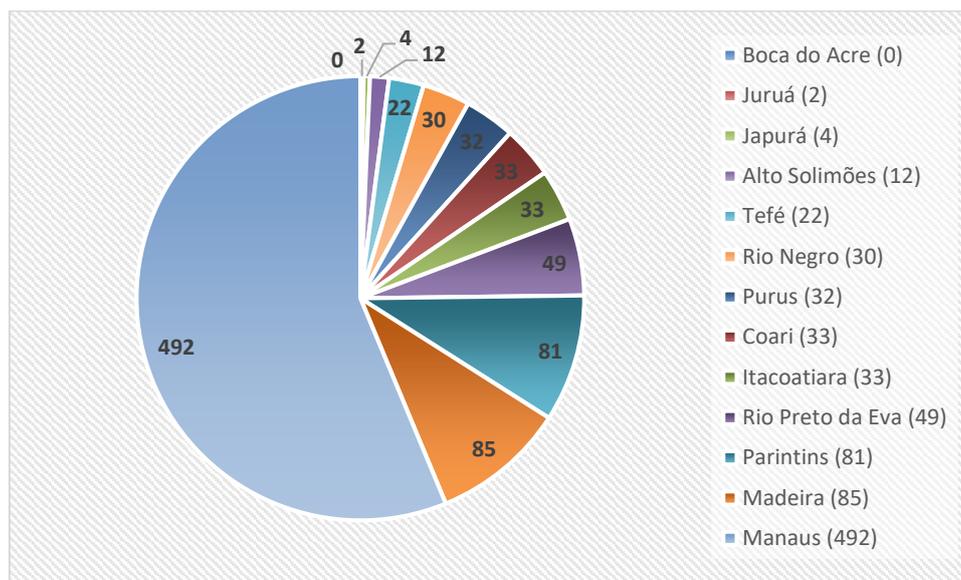


Figura 1. Quantidade de infrações ambientais por microrregião do estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017.

A categoria que mais obteve autuações foi Descumprimento de Licença, com 167 infrações (19%), conforme Figura 2. Em seguida está Outros, com 144 (16%); Empreendimento/atividade sem autorização, com 127 (15%); Omissão/desatualização/falsificação do DOF, com 122 (14%); Crime contra a fauna silvestre, com 105 (12%); Porte/utilização de equipamento sem autorização, com 81 (9%); Supressão vegetal sem autorização, com 75 (9%); e Descumprimento de embargo/notificação, com 54 (6%).

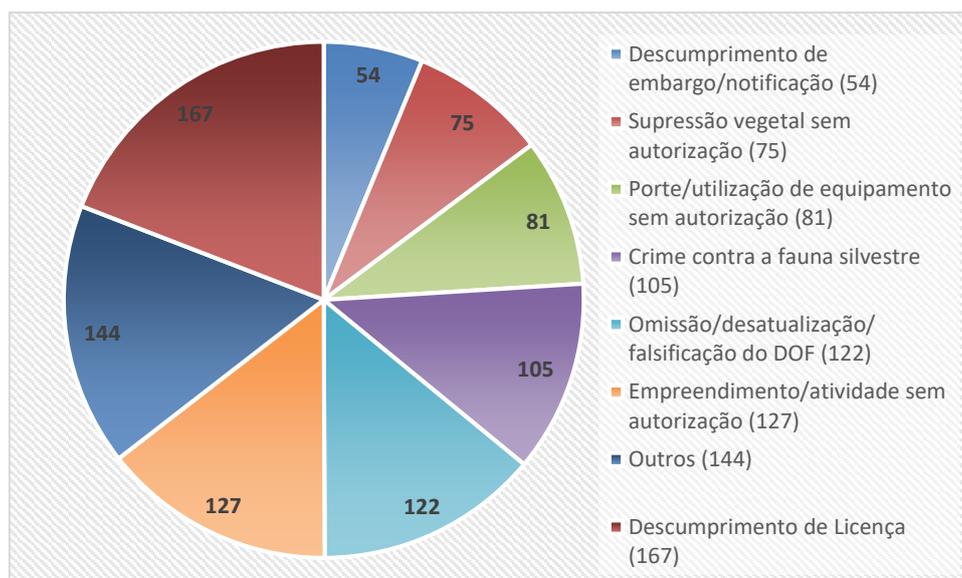


Figura 2. Quantidade de categorias de infração ambientais no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017.

### 3.2 Análise de Componentes Principais (PCA)

A execução da PCA sobre a matriz de dados indicou que os dois primeiros componentes explicam 96,56% da variância total, sendo estes os únicos componentes com autovalor maior do que 1 (Kaiser, 1960) e, por isso, considerados para representar o conjunto de dados (Tabela 2).

Tabela 2. Autovalores e percentual de variância da Análise de Componentes Principais das infrações ambientais no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017.

Componente	Autovalor	Variância (%)	Variância acumulada (%)
CP 1	6,6146	82,6823	82,6823
CP 2	1,1103	13,8782	96,5605
CP 3	0,1747	2,1833	98,7439
CP 4	0,0731	0,9143	99,6582
CP 5	0,0176	0,2202	99,8784
CP 6	0,0071	0,0882	99,9665
CP 7	0,0017	0,0206	99,9872
CP 8	0,0010	0,0128	100

A Figura 3 apresenta a correlação das variáveis em uma representação bidimensional, com as duas primeiras componentes. É possível verificar que há duas direções predominantes, uma para a direita (representando a Componente Principal 1) e outra para cima (representando a Componente

Principal 2). Todas as variáveis obtiveram boa qualidade quanto à representação gráfica nas duas primeiras dimensões, com valores de correlação acima de 0,9 (Tabela 3).

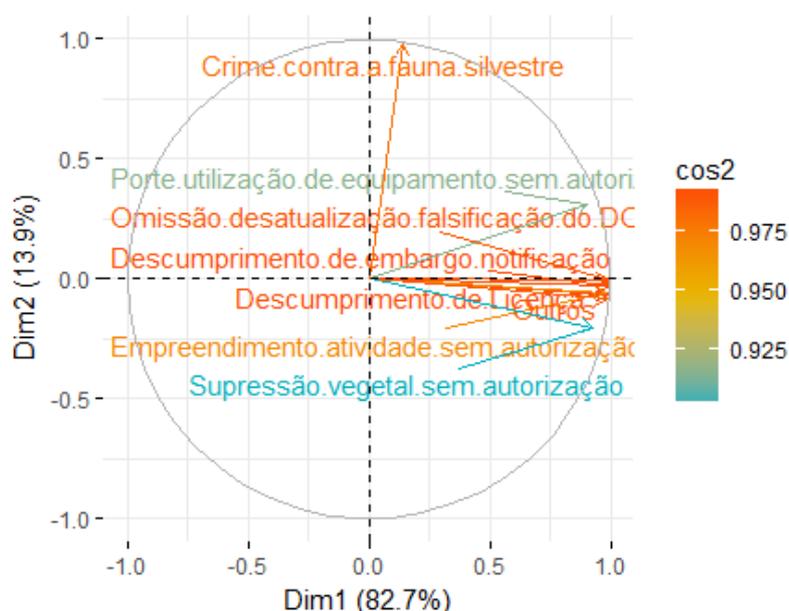


Figura 3. Representação bidimensional das autuações ambientais no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017 representando as duas primeiras componentes principais.

Tabela 3. Valores das correlações das autuações ambientais no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017 com seu componente associado e respectivo p-valor.

Componente	Variável	Correlação	P-valor
CP 1	Descumprimento de embargo/notificação	0,9953	1,70E-12
	Omissão/desatualização/falsificação do DOF	0,9940	6,21E-12
	Descumprimento de Licença	0,9937	8,16E-12
	Outros	0,9902	9,30E-11
	Empreendimento/atividade sem autorização	0,9830	1,93E-09
	Supressão vegetal sem autorização	0,9276	4,95E-06
	Porte/utilização de equipamento sem autorização	0,9057	2,03E-05
CP 2	Crime contra a fauna silvestre	0,9793	5,58E-09

### 3.3 Agrupamento das microrregiões

O agrupamento do conjunto de dados é viável de acordo com a estatística de Hopkins, a qual resultou em 0,1021 para a base de dados original e 0,5284 para a base aleatorizada, demonstrando a existência de uma distribuição regular na base original (Tabela 4).

Tabela 4. Análise da tendência de agrupamento das microrregiões do estado do Amazonas a partir das autuações ambientais lavradas em 2016 e 2017.

Dados	Estatística de Hopkins
Base original	0,1021
Base aleatorizada	0,5284

O resultado do Coeficiente de Correlação Cofenética (CCC) para o método de Ward foi de 0,98, com p-valor menor do que  $2,2e^{-16}$ . Sendo o valor de CCC maior do que 0,7 e muito próximo de 1, podemos dizer que houve muita pouca distorção provocada pelo agrupamento dos indivíduos em relação à estrutura original dos dados e, portanto, o método é viável (Rohlf, 1970). A Figura 4 demonstra o CCC por meio da correlação entre a matriz de distância original (euclidiana) e a matriz de distância cofenética, em que os pontos equivalem às coordenadas das observações.

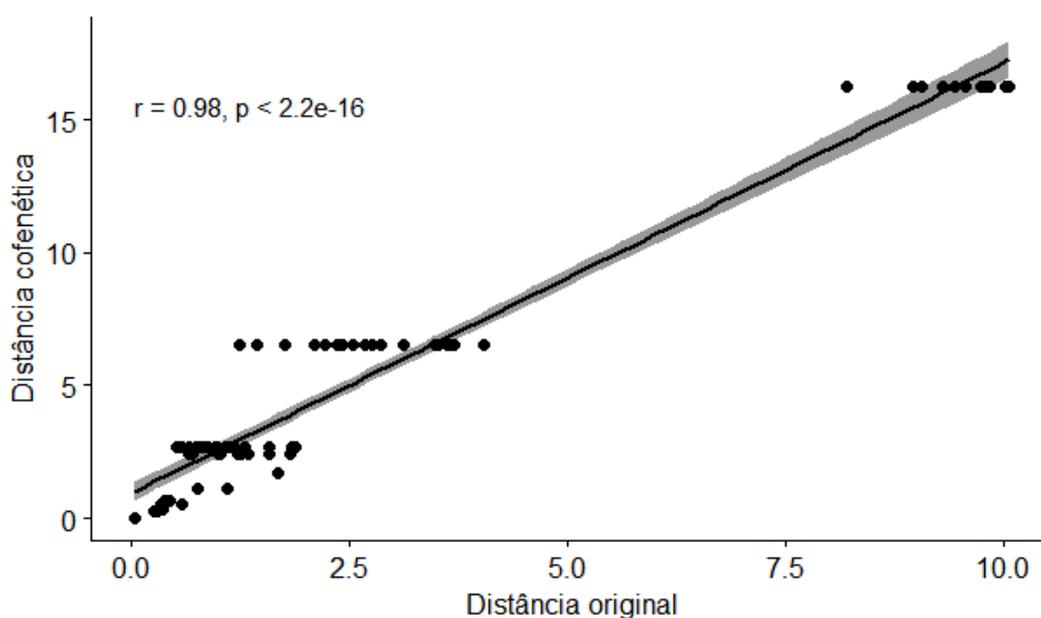


Figura 4. Validação do método de agrupamento por meio do Coeficiente de Correlação Cofenética.

O dendrograma gerado permitiu a identificação de quatro grupos, demonstrados pela Figura 5. O Grupo 1 (em cinza) é composto por quatro microrregiões: Japurá, Alto Solimões, Juruá e Boca do Acre; o Grupo 2 (em amarelo) por duas microrregiões: Parintins e Coari; o Grupo 3 (em vermelho) por seis microrregiões: Rio Preto da Eva, Purus, Madeira, Tefé, Rio Negro e Itacoatiara; e o Grupo 4 (azul) por apenas uma microrregião: Manaus.

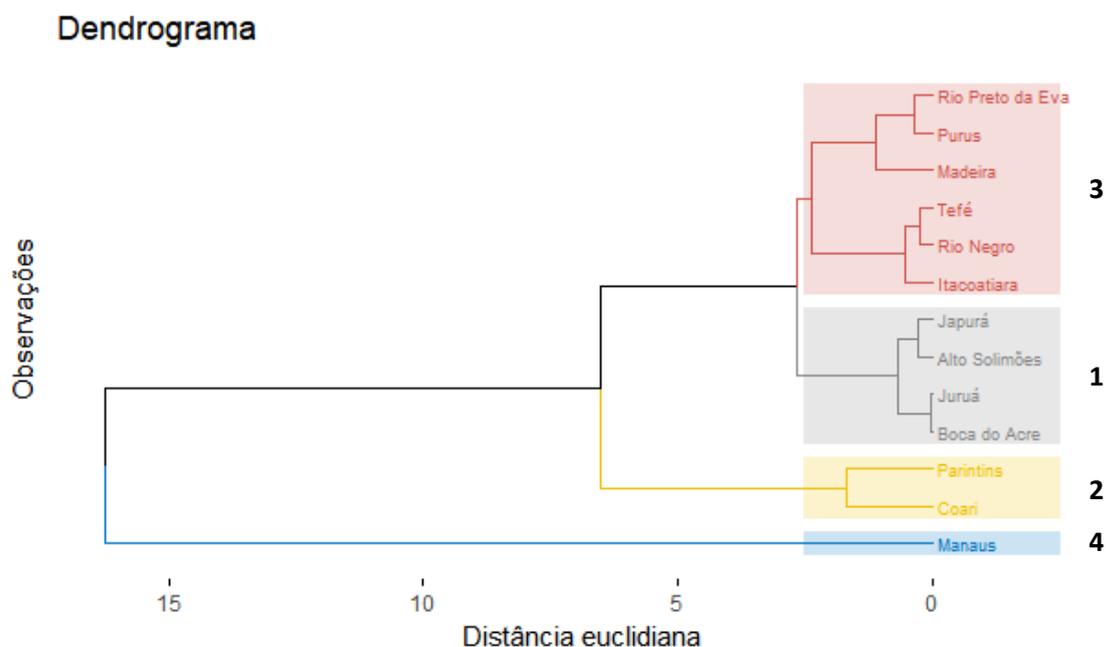


Figura 5. Dendrograma da Análise de Agrupamento das microrregiões do estado do Amazonas de acordo com as infrações ambientais dos anos de 2016 e 2017.

### 3.4 Distribuição espacial

O mapeamento dos autos de infração (Figura 6) permitiu visualizar sua distribuição sobre as rodovias e rios navegáveis do estado. As infrações ambientais durante o período analisado ocorreram predominantemente na microrregião de Manaus, ao longo dos principais trechos navegáveis do Rio Negro, Rio Solimões e Rio Madeira e das rodovias federais BR-319, BR-174 e BR-230. Estes são os principais acessos ao município de Manaus, de onde partem as ações fiscalizadoras do órgão estadual responsável. O mapeamento do agrupamento (Figura 7), por sua vez, possibilitou explorar as características de cada grupo de acordo com as condições de acesso e categorias de infração.

### **3.4.1 Grupo 1**

O Grupo 1 é caracterizado por microrregiões com poucas ocorrências de infração – apenas dezoito –, sendo que em Boca do Acre, no extremo oeste do estado, não houve nenhuma. As ocorrências em Japurá, Alto Solimões e Juruá estão localizadas a leste das microrregiões, no percurso do Rio Solimões.

A carência de fiscalização no oeste do estado pode ser explicada pela grande distância da capital, o que dificulta todo o planejamento logístico, principalmente o transporte de agentes fiscalizadores. Há falta de infraestrutura rodoviária nessa região, havendo apenas o planejamento dos trechos das rodovias BR-230 e BR-307, apesar de haver extensões dos rios Purus e Juruá, desde o estado do Acre, e do Rio Japurá, desde a Colômbia. Apesar da falta de fiscalização em grande parte deste grupo, não significa que lá não ocorrem infrações, que poderiam ser agravadas com a implantação de novas rodovias na região.

Sobral-Souza *et al.* (2018) classificaram algumas áreas do oeste do Amazonas como de prioridade muito alta de conservação, devido a serem climaticamente estáveis, não protegidas e com grandes trechos de floresta intacta. Deste modo, esta região merece atenção especial da fiscalização, visto ser uma área potencial para novas ocorrências de infrações.

### **3.4.2 Grupo 2**

O Grupo 2, formado pelas microrregiões de Parintins e Coari, é caracterizado pela Componente Principal 2, ou seja, pela variável Crime contra a fauna silvestre. Estas duas microrregiões concentram 48,5% das ocorrências para esta categoria de infração. Na microrregião de Coari as infrações ocorrem ao longo do Rio Solimões, enquanto que na microrregião de Parintins a maioria ocorre em um trecho do Rio Uatumã localizado no sul do município de São Sebastião de Uatumã e leste do município de Itapiranga.

Em um levantamento do comércio ilegal de fauna ocorrido entre 1992 e 2007, Nascimento (2009) constatou que 30% das aves e 58% dos mamíferos foram apreendidos no Rio Solimões – onde ocorreram as autuações da microrregião de Coari –, corroborando a importância desta hidrovia para o transporte ilegal de fauna.

As duas microrregiões do Grupo 2 estão localizadas muito próximas a Manaus. Este município é um importante ponto de contrabando da fauna silvestre, contando possivelmente com o apoio de fiscais e funcionários para facilitar o processo de entrada em portos e aeroportos (RENCTAS, 2001). Coari, segundo Rocha (1995), é uma das principais cidades brasileiras

fornecedoras da fauna silvestre para os estados do Rio de Janeiro e São Paulo, junto de Manaus e Manacapuru.

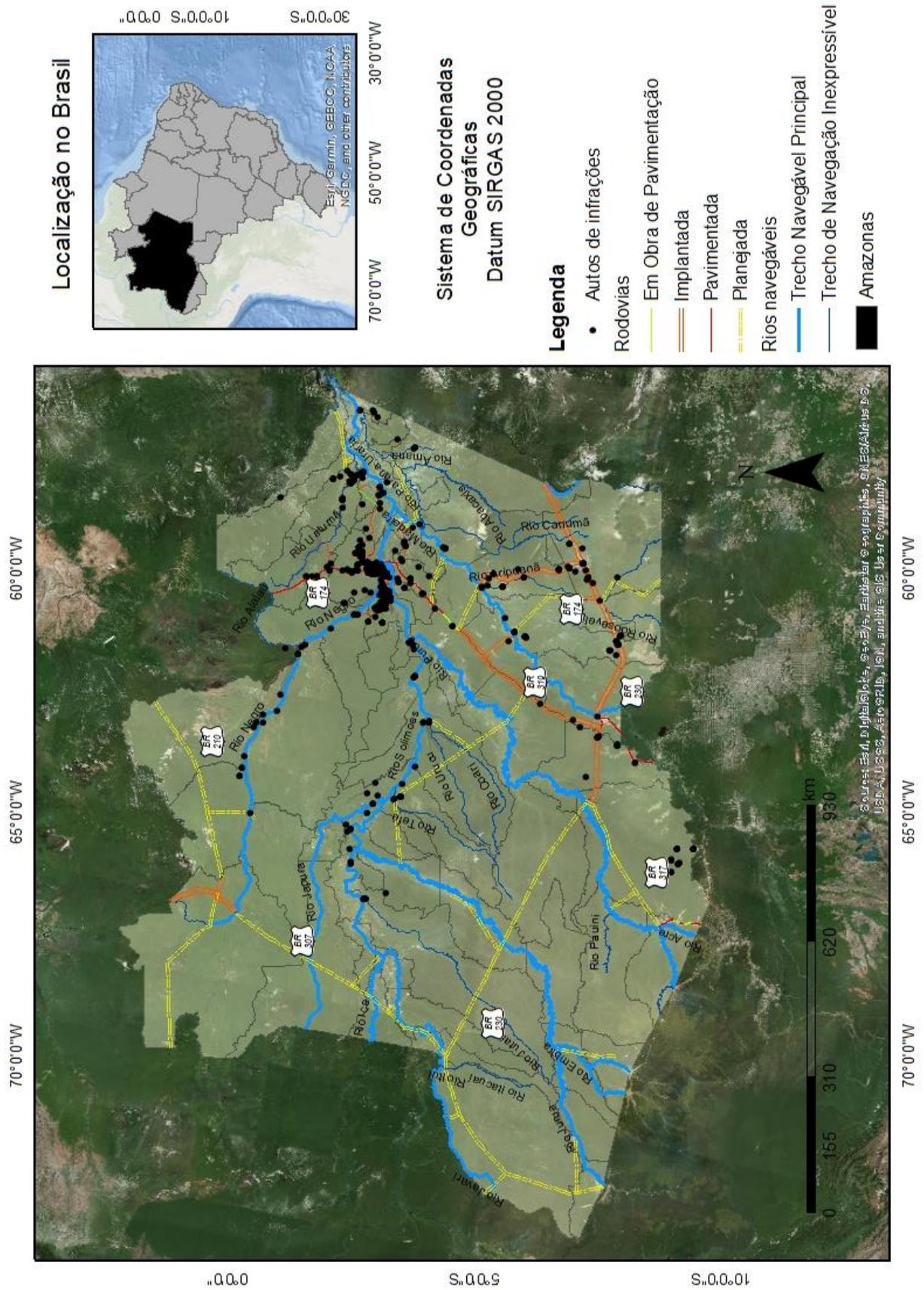


Figura 6. Mapa das infrações ambientais no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017 sobre os modais hidroviário e rodoviário do estado.

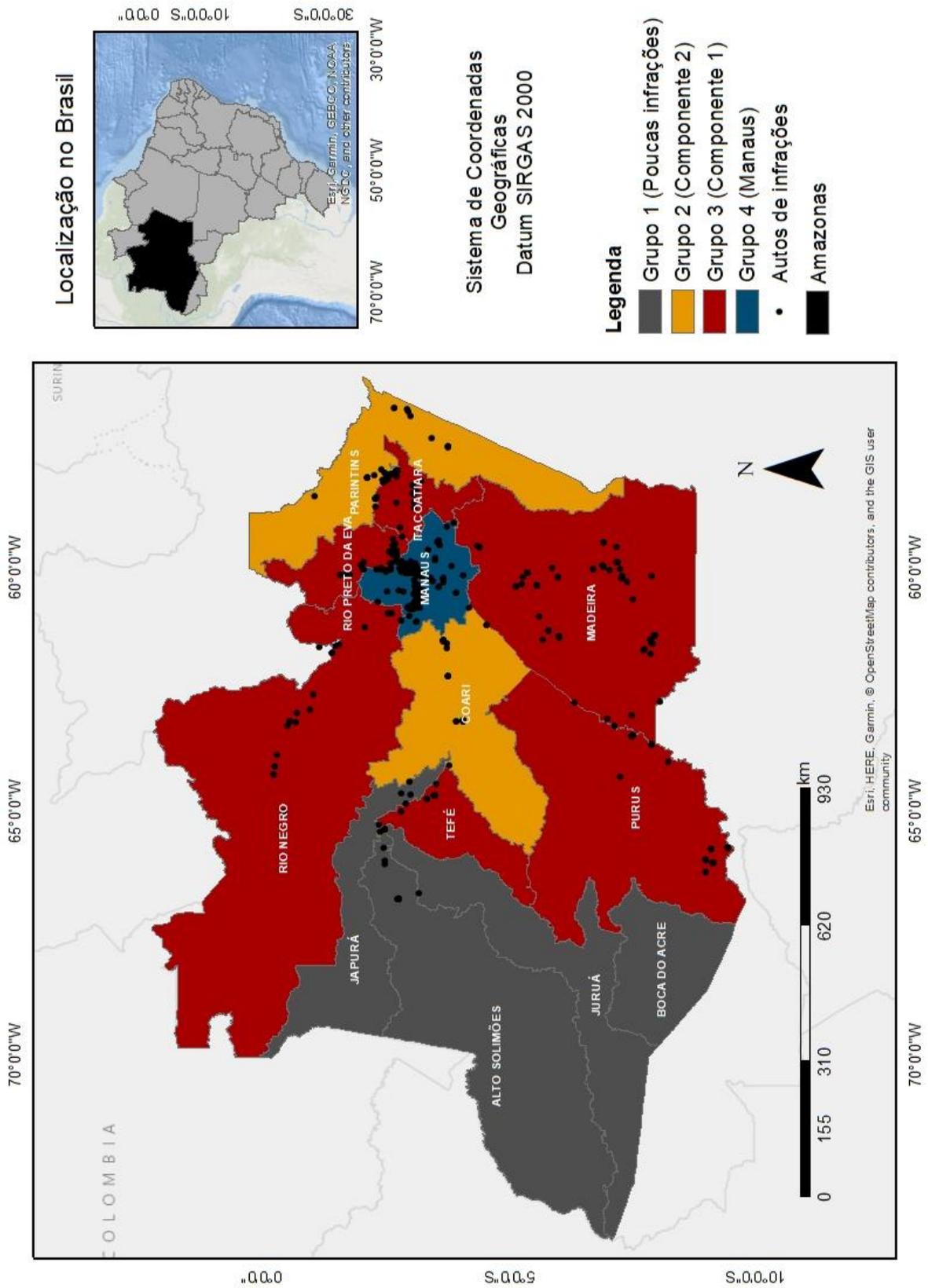


Figura 7. Mapa dos grupos formados pelas microrregiões do estado do Amazonas de acordo com as autuações ambientais dos anos de 2016 e 2017.

Nos anos de 2016 e 2017 foram registrados 1.730 indivíduos da fauna nas autuações, dos quais a maioria são peixes (55,2%) e quelônios (41%) (Tabela 5). As espécies de peixes compreendem principalmente pirarucu e tucunaré, enquanto que os quelônios compreendem os animais popularmente conhecidos como tracajás, tartarugas-da-Amazônia, jabutis e irapucas, incluindo ovos. Também foram registrados 2.607 kg de animais, sendo 92,1% de peixe e 6% de jacaré (Tabela 6).

Tabela 5. Quantidade de animais registrados por meio das autuações no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017.

<b>Animal</b>	<b>Quantidade</b>
Peixe	956
Quelônio	711
Ave	47
Paca	4
Tatu	4
Cutia	3
Macaco-prego	3
Capivara	2
<b>Total</b>	<b>1.730</b>

Tabela 6. Peso de animais registrados por meio das autuações no estado do Amazonas nos anos de 2016 e 2017.

<b>Animal</b>	<b>Peso (kg)</b>
Peixe	2.238
Jacaré	285
Capivara	30
Veado	20
Tamanduá	12
Quelônio	10,5
Peixe-boi	5
Anta	4
Cutia	2
<b>Total</b>	<b>2.607</b>

A caça ainda é um importante recurso utilizado para a alimentação da população na região amazônica (Cajaiba *et al.*, 2015). No município de Manaus, Andrade *et al.* (1999) relataram o comércio livre de carne de animais silvestres em feiras da cidade, principalmente mamíferos (68%), aves (19%) e quelônios (13%). O padrão de caça com preferência por mamíferos (maior biomassa) e aves (maior riqueza de espécies) sugere que essa escolha pode ser localmente influenciada pela disponibilidade, riqueza e porte das espécies-alvo (Alves *et al.*, 2012). A utilização de quelônios na alimentação é uma prática antiga na região Norte do país, possuindo grande importância socioeconômica para a população amazônica (RENCTAS, 2001). Segundo Silveira & Thorbjarnarson (1999), o estado do Amazonas é o maior produtor ilegal de carne de jacaré do mundo, com elevado valor no mercado, enviada principalmente para o estado do Pará e para a Colômbia.

O consumo alimentício de animais silvestres é influenciado pela cidade de Manaus, com quase 2 milhões de habitantes. Além disso, a cidade se beneficia do turismo ecológico ilegal utilizando a fauna como atrativo, conforme constatado pela Operação Teia, conduzida pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais

Renováveis)<sup>2</sup>. Deste modo, é possível inferir que o município de Manaus é um importante destino do tráfico de animais e produtos silvestres e, por isso, exige-se mais trabalho da fiscalização nesta microrregião, visto que a quantidade de autuações para a microrregião de Manaus (Grupo 4) foi de 10 (9,5% do total), enquanto que para as microrregiões do Grupo 2 foi de 51 (48,5% do total), refletindo no bloqueio da chegada desta mercadoria na capital.

### **3.4.3 Grupo 3**

Este é o grupo com maior abrangência e maior número de variáveis, caracterizado pela Componente Principal 1, representado principalmente a norte e a sul do estado, com maior quantidade de ocorrências na microrregião de Madeira (33,8%) – ao longo da rodovia estadual AM-174 e do Rio Aripuanã, paralelos à BR-174.

Por ser o grupo mais abrangente, nenhuma categoria de infração se destacou isoladamente. A categoria de infração Descumprimento de Licença foi a mais abundante dentro do grupo, com 51 infrações (20,3%), seguida de Omissão/desatualização/falsificação do DOF, com 42 infrações (16,7%); Outros, com 37 infrações (17,2%); Supressão vegetal sem autorização, com 36 infrações (16,8%); Porte/utilização de equipamento sem autorização, com 21 infrações (9,8%); Empreendimento/atividade sem autorização, com 18 infrações (8,4%); e Descumprimento de embargo/notificação, com 9 infrações (4,2%) (Figura 8).

Todas as categorias neste grupo obtiveram semelhança de representação na quantidade total de infrações para o estado, com uma média de 19,8% e desvio padrão de 4,7%. As categorias deste grupo podem ser definidas como categorias de agressão à flora e descumprimento ou ausência de autorização de atividades pelo Poder Público.

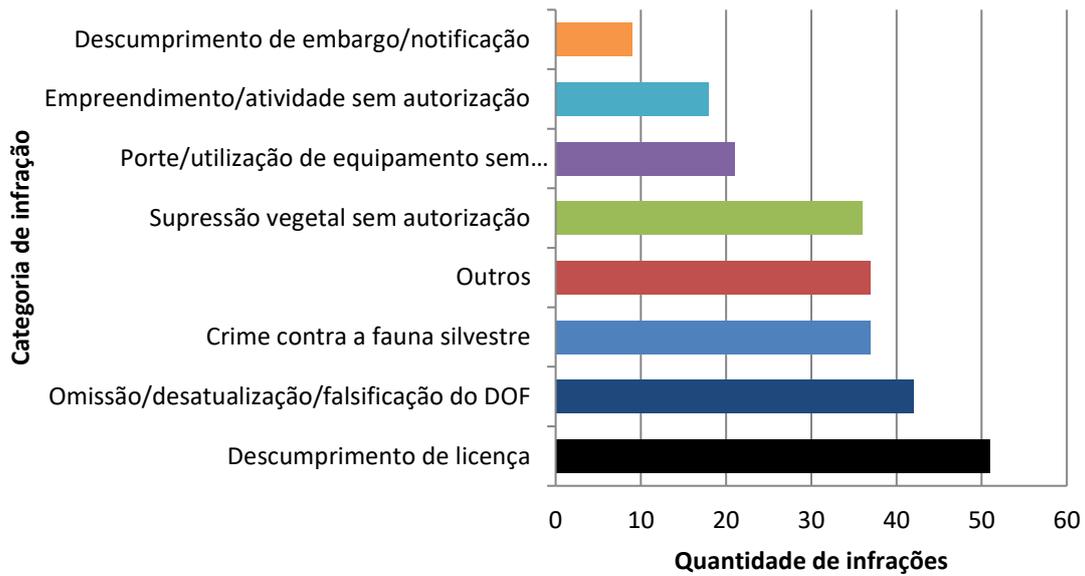


Figura 8. Quantidade de infrações lavradas nos anos de 2016 e 2017 dentro do Grupo 3, por categoria.

A grande abrangência e diversidade de autuações deste grupo pode ser explicada pela sua facilidade de acesso e transporte de cargas. As microrregiões do Madeira e do Purus possuem o maior número de municípios atendidos por rodovias federais, pelos principais rios e aeroportos. Nelas estão inseridas as rodovias BR-319, BR-317, BR-230, AM-364 e AM-356, que juntas interligam cerca de 60% das sedes municipais do estado do Amazonas com a capital e com o restante do país (Silva & Silveira, 2012). Esta infraestrutura disponível que facilita o acesso à floresta tropical caracteriza o sul do Amazonas como parte integrante da região conhecida como “Arco do Desmatamento” (Ramos, 2015).

Nas outras microrregiões do grupo 3, estão presentes importantes acessos à capital Manaus – o Rio Negro (em Rio Negro) e a BR-174 (em Rio Preto da Eva). A construção da BR-174 possibilitou a ligação entre Manaus e Boa Vista (capital de Roraima), estendendo-se até a Venezuela. Entretanto, a ocupação humana ao longo da rodovia e suas principais atividades econômicas, associadas à agricultura e pecuária, desencadearam um aumento na taxa de desmatamento em seu entorno de 321% em um período de trinta anos (Rodrigues & Pinheiro, 2011). O Rio Negro, por sua vez, desemboca próximo do maior porto flutuante do mundo, o Porto de Manaus, para onde frequentemente são destinados materiais ilegais. Neste porto, em 2017, foi deflagrada uma das maiores apreensões mundiais de madeira beneficiada já realizada em portos, devido à falsificação dos Documentos de Origem Florestal (DOFs). O conteúdo da carga, proveniente de Rondônia, Roraima e Amazonas,

cobriria um trajeto linear de 1,5 mil quilômetros e cerca de 50% seria destinado à Europa e aos Estados Unidos<sup>2</sup>.

#### 3.4.4 Grupo 4

Neste grupo está presente apenas a microrregião de Manaus, distanciando-se consideravelmente dos outros grupos (Figura 5). A particularidade desta microrregião não está relacionada a alguma variável, mas sim à quantidade de ocorrências, representando 56,2% do total. Grande parte destas ocorrências foram provenientes das categorias Empreendimento/atividade sem autorização e Descumprimento de licença (Figura 9), refletindo os efeitos da expansão urbana e desenvolvimento de indústrias e empreendimentos nesta microrregião.

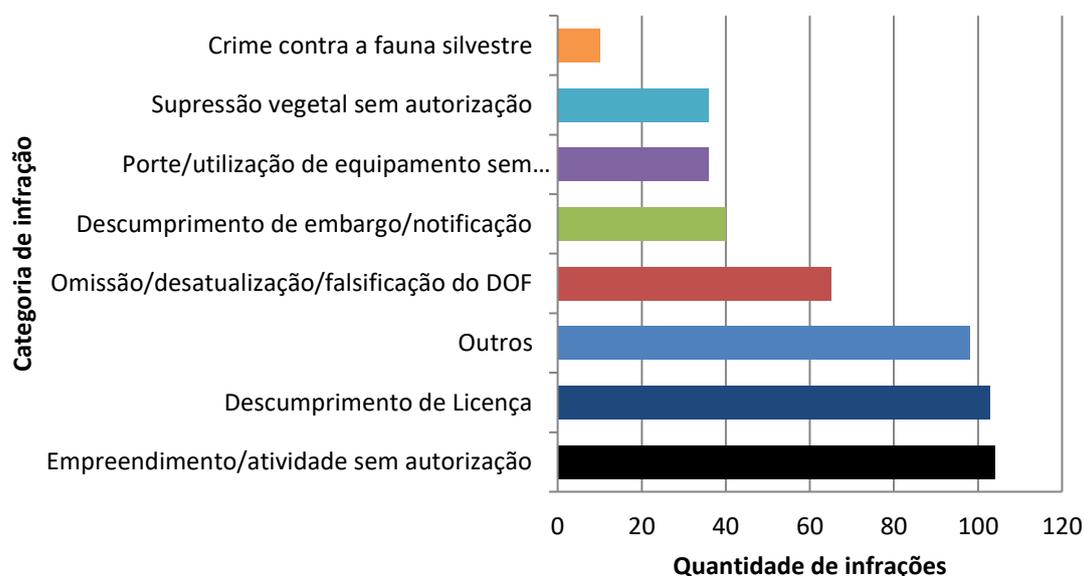


Figura 9. Quantidade de infrações lavradas nos anos de 2016 e 2017 dentro do Grupo 4, por categoria.

A grande maioria dos fragmentos de floresta urbana do município de Manaus e seu entorno tem sofrido um processo constante de ocupação irregular do solo, reduzindo drasticamente estes fragmentos por desmatamento e poluição dos cursos d'água, sendo cada vez mais ocupada por diferentes empreendimentos, como invasões, prédios, shoppings *etc.* (Lima, 2008).

<sup>2</sup> <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/pf-desmonta-esquema-bilionario-de-exploracao-ilicita-de-madeira-da-amazonia.ghtml>

Segundo Cunha (2009), áreas de maior ocorrência de crimes ou infrações ambientais no município de Manaus estão associadas à maior densidade populacional.

O crescimento e desenvolvimento de Manaus deu-se em grande parte pela criação da Zona Franca de Manaus, onde a economia se baseia principalmente em indústrias pesadas e de eletroeletrônicos, devido à política de isenção fiscal decretada para a região (Matos, 2016). Este fato foi um grande marco do crescimento populacional e consequente pressão sobre o meio ambiente no estado do Amazonas, ocorrido nas décadas de 1970 e 1980 (Cunha, 2009).

A Ponte do Rio Negro também exerce influência sobre as infrações nessa região, uma vez que liga Manaus a Iranduba e diminui a distância espaço-temporal entre a capital e os municípios da margem direita do Rio Negro. Esta ponte fez surgir uma demanda por aquisição de imóveis na região e implementação de indústrias, causando uma série de intervenções no ambiente e a periurbanização no entorno de Manaus (Ramos, 2015).

## 4 CONCLUSÃO

Foi possível identificar, no estado do Amazonas, quatro grupos de microrregiões a partir das duas componentes principais formadas pelo redimensionamento das categorias de infração. A interpretação das características dos grupos formados permitiu levantar algumas hipóteses que justificam a distribuição espacial das infrações. Deste modo, estas informações fornecem subsídios para a melhoria da eficiência de ações e estratégias da fiscalização ambiental no estado.

As infrações sobre os crimes contra a fauna silvestre não estiveram correlacionadas com as demais categorias no período analisado, caracterizando predominantemente as microrregiões do Grupo 2 (Parintins e Coari), adjacentes a Manaus. Recomenda-se que as fiscalizações para esta categoria específica se expandam para outros pontos de acesso a Manaus, provável destino da fauna ilegal.

A alta disponibilidade de rodovias e rios navegáveis nas áreas ao norte e ao sul do estado caracterizaram essas microrregiões em um grupo com grande diversidade de categorias de infração, o Grupo 3. A relativa vantagem deste grupo em relação à infraestrutura de transportes garante maior presença da fiscalização, porém requer maior atenção dos agentes fiscalizadores quanto à variedade e quantidade de fraudes.

O Grupo 4, composto apenas pela microrregião de Manaus, foi o que apresentou maior diferença dentre os outros, devido à grande concentração de autos de infração e do predomínio das categorias Descumprimento de licença e Empreendimento/atividade sem autorização. Nesta região, as operações de fiscalização devem focar nas áreas de expansão urbana onde há a implantação de novos empreendimentos, bem como vistoriar as condicionantes dos empreendimentos que já possuem alguma categoria de licença.

A região oeste do estado, por sua vez, apresenta poucas ocorrências de autos de infração, o que não necessariamente significa escassez de infrações. Essas microrregiões, representadas pelo Grupo 1, necessitam de estratégias importantes de fiscalização visto sua grande distância da capital e, portanto, distantes do centro fiscalizador. Ações devem ser efetuadas mesmo com a pouca infraestrutura de transportes disponível, visando a preservação dos remanescentes florestais desta região.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 12 fev. 1998. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm)>. Acesso em: julho de 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 30.12.2009. Seção 1. Disponível em: <[www.in.gov.br](http://www.in.gov.br)>. Acesso em: julho de 2018.

BRASIL. **Lei Complementar no 140, de 8 de dezembro de 2011**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 9 dez. 2012. Seção 1. Disponível em: <[www.in.gov.br](http://www.in.gov.br)>. Acesso em: julho de 2018.

CAJAIBA, Reinaldo Lucas; SILVA, Wully Barreto da; PIOVESAN, Paulo Ricardo R. **Animais silvestres utilizados como recurso alimentar em assentamentos rurais no município de Uruará, Pará, Brasil**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, vol. 34, p. 157-168. Universidade Federal do Paraná, 2015.

CUNHA, Marcos Brandão da. **Estudo da distribuição espacial dos crimes e infrações ambientais na área urbana no município de Manaus-AM no período 2003 a 2007**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2009.

DNIT. **Visualizador de Informações Geográficas (VGeo)**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível em <<http://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>>. Acesso em 20 de junho de 2018.

ESRI. **ArcGIS 10.5**. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, CA, 2017.

IBGE. **Censo 2010**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em < <https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em 20 de junho de 2018.

IBGE. **Divisão Regional do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas**. v.1, p. 8. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1990.

JAIR, Schmitt; SCARDUA, Fernando Paiva. **A descentralização das competências ambientais e a fiscalização do desmatamento na Amazônia**. Rev. Adm. Pública, Rio de Janeiro 49(5):1121-1142 (2015).

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 3 ed. New Jersey: Prantice Hall, 1992.

KASSAMBARA, A. **Practical Guide to Cluster Analysis in R: Unsupervised Machine Learning**. Statistical tools for high-throughput data analysis (STHDA), 2017.

KASSAMBARA, Alboukadel; MUNDT, Fabian. **factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses**. R package version 1.0.5 (2017).

LAWSON, R.G.; JURIS, P.C. **New index for clustering tendency and its application to chemical problems**. Journal of Chemical Information and Computer Sciences. 30(1):36-41 (1990).

LE, Sebastien; JOSSE, Julie; HUSSON, Francois. **FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis**. Journal of Statistical Software, 25(1), 1-18. 10.18637/jss.v025.i01 (2008).

LIMA, Karina Ferreira. **Determinação de Indicadores Biológicos para Áreas de Floresta Secundária no Município de Manaus – AM**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.

MAECHLER, M.; ROUSSEEUW, P.; STRUYF, A.; HUBERT, M.; HORNIK, K. **cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions**. R package version 2.0.6 (2017).

MARGARIT, Eduardo. **O processo de ocupação do espaço ao longo da BR-163: uma leitura a partir do planejamento regional estratégico da Amazônia durante o governo militar**. Geografia em Questão, v. 6, n. 1, p. 12-31 (2013).

MATOS, Felipe L. L. de Carvalho C. **Análise das taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal a partir da relação entre autos de infração e área desmatada no período 2000-2014**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

MMA. **I3GEO**. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em 20 de junho de 2018.

PPCDAm. **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal**. Fase I. Brasília, DF: Casa Civil, 2004.

PROJETO MAPBIOMAS. **Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Coleção v.2.3. Disponível em < <http://mapbiomas.org/> > (2016). Acesso em 20 de junho de 2018.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2017. URL <https://www.R-project.org/>.

RAMOS, Camila Julia Pacheco. **Simulação da dinâmica espacial do desmatamento na área dos municípios sob influência direta da Ponte do Rio Negro, Amazonas**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Biologia (Ecologia). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Manaus, AM, 2015.

RENTAS. **1º Relatório Nacional sobre o Tráfico de Fauna Silvestre**. Rede Nacional Contra o Tráfico de Animais Silvestres. Brasília, 2001.

ROCHA, F. M. **Tráfico de Animais Silvestres**. Documento para discussão. WWF, 48p. 1995.

RODRIGUES, Eduardo Paschoal; PINHEIRO, Eduardo da Silva. **O desflorestamento ao longo da rodovia BR-174 (Manaus/AM – Boa Vista/RR)**. Sociedade e Natureza, ano 23 n. 3, p. 513-528. Uberlândia, set/dez. 2011.

ROHLF, F. J. **Adaptative hierarquical clustering schemes**. Systematic Zoology, 19(1), pp.58-82 (1970).

RSTUDIO TEAM. **RStudio: Integrated Development for R**. RStudio, Inc., Boston, MA, 2016. URL <http://www.rstudio.com/>.

SERRA, M. A.; FERNÁNDEZ, R. G. **Perspectivas de desenvolvimento da Amazônia: motivos para o otimismo e para o pessimismo**. Economia e Sociedade, Campinas, v. 13, n. 2 (23), p. 107-131, jul./dez. 2004.

SHARMA, S. **Applied multivariate techniques**. New York: John Wiley & Sons, 1996.

SILVA, Ronaldo Sérgio da; SILVEIRA, Rogério Leandro Lima da. **Meios de transporte e desenvolvimento regional no estado do Amazonas: uma análise das microrregiões geográficas do Madeira e do Purus**. Novos Cadernos NAEA, v. 15 n.2, p.45-84. Dezembro, 2012.

SILVEIRA, R. e THORBJARNARSON, J. **Conservation implications of commercial hunting of black and spectacled caiman in the Mamirauá Sustainable Development Reserve, Brazil**. Conservation Biology, 88: p. 103-109 (1999).

SOBRAL-SOUZA, Thadeu; VANCINE, Maurício Humberto; RIBEIRO, Milton Cezar; LIMA-RIBEIRO, Matheus S. **Efficiency of protected areas in Amazon and Atlantic Forest conservation: A spatio-temporal view**. Acta Oecologica, v. 87, p. 1-7 (2018).

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **The comparison of dendrograms by objective methods.** *Taxon*, 11: 33–40. 10.2307/1217208. International Association for Plant Taxonomy (IAPT), 1962.

TAN, P. N.; STEINBACH, M.; KUMAR, V. **Introduction to Data Mining.** Pearson Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. Boston, MA, USA, 2006.

WARD, J. H. **Hierarchical grouping to optimize an objective function.** *Journal of American Statistical Association*, v. 58, p. 236-244, 1963.

YILAN, Luo; RUTONG, Zeng. **clustertend: Check the Clustering Tendency.** R package version 1.4 (2015).

## ANEXO I – Funções e Código R

### **#Importar o conjunto de dados**

```
dados<-read.csv("C:/Users/igorrc/OneDrive/Documentos/TCC/Data3.csv",  
sep=";", header=TRUE, row.names=1)
```

### **#PCA**

```
library("FactoMineR")
```

```
library("factoextra")
```

```
res.pca <- PCA(dados, graph = FALSE, scale.unit=T)
```

```
eig.val <- get_eigenvalue(res.pca)
```

```
eig.val
```

### **#Salvar o resultado dos autovalores**

```
write.table(eig.val, file='eigval2.csv', sep=';', dec=',', row.names=FALSE)
```

### **#Gerar e salvar as coordenadas das observações**

```
ind<-get_pca_ind(res.pca)
```

```
write.table(ind$coord, file='meso.csv', sep=';', dec=',', row.names=FALSE)
```

### **#Gerar o gráfico bidimensional**

```
fviz_pca_var(res.pca, col.var = "cos2",
```

```
gradient.cols = c("#00AFBB", "#E7B800", "#FC4E07"),title="",
```

```
repel = TRUE # Avoid text overlapping)
```

### **#Gerar a correlação dos componentes principais e p-valores**

```
res.desc <- dimdesc(res.pca, axes = c(1,2), proba = 0.05)
```

```
res.desc$Dim.1
```

```
res.desc$Dim.2
```

```
write.table(res.desc$Dim.1, file='dim1.csv', sep=';', dec=',', row.names=FALSE)
```

```
write.table(res.desc$Dim.2, file='dim2.csv', sep=';', dec=',', row.names=FALSE)
```

### **#ANÁLISE DE AGRUPAMENTO**

#### **#Importar os dados salvos das coordenadas das observações**

```
coo<-read.csv("C:/Users/igorc/OneDrive/Documentos/coo.csv", sep=";",  
header=TRUE, row.names=1)
```

#### **#Gerar a distância euclidiana**

```
library(cluster)
```

```
d<-daisy(dados, metric="euclidean")
```

#### **#Aleatorizar os dados**

```
random_df <- apply(dados, 2,  
                  function(x){runif(length(x), min(x), (max(x)))})
```

```
random_df <- as.data.frame(random_df)
```

#### **#Verificar a tendência de agrupamento pela Estatística de Hopkins**

```
library(clusterlend)
```

```
hopkins (dados, 12)
```

```
hopkins(random_df,12)
```

### **# Computar a correlação cofenética**

```
hc <- hcut(d, hc_method = "ward.D", k=4)
```

```
res.coph <- cophenetic(hc)
```

```
cor(d, res.coph)
```

### **#Gerar as matrizes da correlação cofenética e original para copiar para o Excel e gerar o gráfico no R**

```
matrix(d)
```

```
matrix(res.coph)
```

```
library(ggpubr)
```

```
cor_cofenetica_nova<-
```

```
read.csv("C:/Users/igorc/OneDrive/Documentos/cor_cof.csv", sep=";",  
header=TRUE, row.names=1)
```

```
ggscatter(cor_cofenetica_nova, x = "original", y = "cofenética",
```

```
  add = "reg.line", conf.int = T,
```

```
  cor.coef = T, cor.method = "pearson",
```

```
  xlab = "Distância original", ylab = "Distância cofenética")
```

## **#Dendrograma**

```
library(factoextra)
```

```
hc2<-hclust(d,method = "ward.D")
```

```
fviz_dend(hc2, k = 4, # Cut in four groups
```

```
  cex = 0.5, # label size
```

```
  k_colors = "jco",
```

```
  color_labels_by_k = TRUE, # color labels by groups
```

```
  rect = TRUE, # Add rectangle around groups
```

```
  rect_border = "jco",
```

```
  rect_fill = TRUE, horiz=T, show_labels = T, main="Dendrograma",  
  legend.title="a",ylab = "Distância euclidiana", xlab = "Observações")
```

## **#Salvar os grupos das observações**

```
write.table(hc$cluster, file='hm2.csv', sep=';', dec=',', row.names=FALSE)
```