

## ANÁLISE DE PONTOS QUENTES PARA O MAPEAMENTO DA ATIVIDADE DE PROFISSIONAIS DE ENGENHARIA FLORESTAL EM 2024 NO PARÁ

FABIANO EMMERT<sup>1</sup>, EVERTON CRISTO DE ALMEIDA<sup>2</sup>, MARLON COSTA DE MENEZES<sup>3</sup>, BRENDA RUBIA GONÇALVES DE SOUZA<sup>4</sup>, TÂNIA MARA DE AZEVEDO GIUSTI<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Dr. Docente, UFRA, Belém-PA, fabiano.emmert@ufra.edu.br;

<sup>2</sup>Dr. Docente, UFOPA, Santarém-PA, everton.almeida@ufopa.edu.br;

<sup>3</sup>Dr. Docente, UFPA, Altamira-PA, marlon@ufpa.br;

<sup>4</sup>M.Sc. Docente, UNAMA, Santarém-PA, rubiasouza20@gmail.com;

<sup>5</sup>Eng.<sup>a</sup> Florestal, Belém-PA, azevedotania67@gmail.com.

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
6 a 9 de outubro de 2025

**RESUMO:** Uma expressiva parte dos recursos florestais da Amazônia encontra-se no estado do Pará. O objetivo do estudo foi aplicar ferramentas de análise de pontos quentes (*Hot Spots*) de Anotações de Responsabilidade Técnica - ARTs de engenheiro(a)s florestais para testar se a incidência dos registros nos municípios do Pará ocorreu de forma aleatória. Foram utilizados os registros de ARTs do ano de 2024 obtidos junto ao CREA/PA e a base georreferenciada da malha territorial dos limites municipais. Os registros foram contabilizados por município e classificados nas categorias ARTs. Os registros de ARTs por municípios foram submetidos à análise de pontos quentes (*Hot Spot Analysis - Getis-Ord Gi\**). Os resultados mostraram o registro de 7312 ARTs em 2024, sendo 85 de Cargo-Função e 7226 de Obra-Serviço. A análise de pontos quentes mapeou dois pontos quentes na região centro-oeste e leste estatisticamente diferentes do restante do Estado com nível de confiança superior a 95%. O estudo concluiu que a atuação de profissionais de engenharia florestal foi moldada por atratividades específicas de conjuntos de municípios durante 2024 no Estado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bioma Amazônia, Floresta tropical, Sistema de informações geográficas, Anotação de responsabilidade técnica, Análise espacial

### HOT SPOT ANALYSIS APPLIED IN MAPPING THE ACTIVITY OF FOREST ENGINEERING PROFESSIONALS IN PARÁ IN 2024

**ABSTRACT:** A significant part of the Amazon's forest resources is found in the state of Pará. The objective of the study was to apply tools for the analysis of Hot Spots of Technical Responsibility Notes (ARTs) of forest engineers to test whether the incidence of records in the municipalities of Pará occurred randomly. The records of ARTs for the year 2024 obtained from CREA/PA and the georeferenced database of the territorial network of the municipal limits were used. The records were counted by municipality and classified in the ARTs categories. The records of ARTs by municipalities were submitted to Hot Spot Analysis (*Getis-Ord Gi\**). The results showed the registration of 7312 ARTs in 2024, 85 of which were Position-Function and 7226 Work-Service. The analysis of hot spots mapped two hot spots in the Midwest and East regions that were statistically different from the rest of the state, with a confidence level above 95%. The study concluded that the performance of forest engineering professionals was shaped by specific attractiveness of groups of municipalities during 2024 in the State.

**KEYWORDS:** Amazon Biome, Tropical Forest, Geographic Information System, Technical Responsibility Annotation, Spatial Analysis

### INTRODUÇÃO

O bioma Amazônia ocupa quase a metade do território e abrange parcial ou integralmente nove unidades federativas do Brasil (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2004).

Característica marcante desse bioma é sua grande biodiversidade encontrada em formações florestais, onde complexas associações entre fatores bióticos e abióticos moldaram comunidades e ecossistemas (MMA, 2021). Essas unidades biológicas têm funcionado como fonte de alimentos, produtos e serviços ambientais valiosos para a sobrevivência e a economia das nações amazônicas (PHILIPPS et al, 2017). Para dar forma ao aproveitamento racional dos recursos florestais, os profissionais de engenharia florestal são os responsáveis e habilitados a ocupar e desempenhar os cargos e funções e a realizar os diversos serviços inerentes ao setor florestal (Conselho Federal de Engenharia e Agronomia - CONFEA, 1973). Neste trabalho, desenvolvemos uma pesquisa exploratória e espacialmente explícita buscando compreender como a atuação de profissionais de engenharia florestal se organizou no território amazônico com foco no Pará em 2024.

A atuação profissional de engenharia florestal no país se iniciou com a criação de cursos de engenharia florestal na década de 1960. A profissão foi incorporada ao sistema do Confea e Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia – Creas (Decreto Nº 23.569 de 11 de dezembro de 1933) e suas atribuições estão respaldadas pela Resolução CONFEA nº 218/1973. No Pará, profissionais de engenharia florestal somam 2963 registros ativos no CREA, sendo 852 deles com *Visto* para atuação no Estado. Em termos de representatividade nacional, o Pará conta com cerca de 12,7% dos registros ativos (sem visto) de profissionais de engenharia florestal do Confea (CONFEA, 2025). Considerando a representatividade territorial, os florestais do estado do Pará são responsáveis por atuar em 29,5% e 14,5% do bioma Amazônia e do País, respectivamente (IBGE, 2004).

Nesse contexto, o trabalho buscou compreender se a atuação profissional de engenheiros florestais sofreu influência espacial de condições de atratividade locais oferecidas pelos municípios do estado do Pará no ano de 2024. A hipótese científica levantada é que a distribuição espacial das Anotações de Responsabilidade Técnica – ARTs registradas no CREA/PA tem influência espacial dos municípios que, pela heterogeneidade das condições locais e temporais, atraem mais ou menos profissionais florestais. O objetivo do estudo foi aplicar ferramentas de análise espacial de mapeamento de pontos quentes (*Hot Spots*) com base nos registros especializados das ARTs visando subsidiar o entendimento sobre como o setor florestal organiza a oferta e a demanda de seus profissionais no Pará.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo teve foco na unidade federativa brasileira do Pará e considerou como unidade de análise os 144 municípios integrantes. O Pará é o segundo maior estado do país com 1.245.828,829 km<sup>2</sup> e com população de 8,12 milhões de habitantes (IBGE, 2022). O clima do Estado é do tipo Clima Equatorial Úmido no Estado (IBGE, 2002) e em 65% de sua área predomina os tipos de formações e subformações de florestas ombrófilas densa e aberta (IBGE, 2015; SNIF 2022).

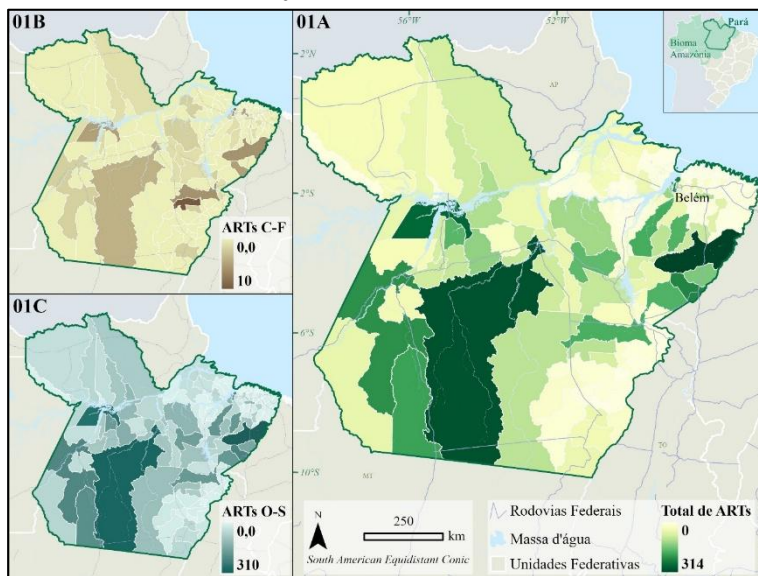
Dados oficiais de limites do território de 2024 em formato *Shapefile* foram utilizados para gerar a base espacial de análise (IBGE, 2025). Dados da atuação profissional de engenharia florestal foram obtidos e disponibilizados pelo CREA/PA. Os dados de registros de ARTs de Cargo/ Função e ARTs de Obra/Serviço foram provenientes dos registros de ARTs protocoladas no *Sistema de Informações Técnicas e Administrativas* – SITAC/CREA-PA. Os dados georreferenciados foram processados no programa de sistemas de informações geográficas – SIG ArcGIS Pro versão 3.5.2 (licença *Student Use*). Os dados de ARTs (total geral e por tipo) foram inseridos nos dados espaciais no SIG.

Análise de dados espacial de pontos quentes foi realizado pelo algoritmo *Hot Spot Analysis - Getis-Ord Gi\** (GETIS; ORD, 1992; ORD; GETIS, 1995) do pacote de ferramentas *Mapping Clusters/Spatial Statistics* do ArcGIS Pro. A análise *Hot Spot* testa a hipótese nula ( $H_0$ ) de completa aleatoriedade espacial (CAE) para um processo pontual em região denominada incidência (MITCHELL, 2005). A hipótese  $H_0$  testada é se a incidência de registros de ARTs por município segue a completa aleatoriedade espacial com base nos valores da estatística  $z$  ( $z$ -score) e valor-p ( $p$ -value). O algoritmo foi configurado com o parâmetro de relacionamento espacial) *Contiguity edges corners* e o parâmetro de correção da taxa de descoberta falsa (*False Discovery Rate – FDR*) (CASTRO; SINGER, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

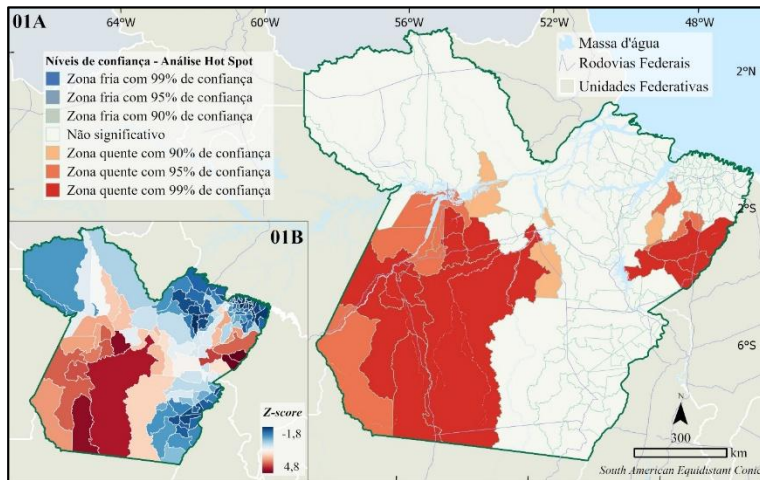
Os resultados mostraram que foram registradas ARTs em 138 municípios dos 144 municípios do estado do Pará em 2024 (Figura 01A). Não houve registros nos municípios de Augusto Corrêa, Curalinho, Palestina do Pará, Pau D'arco, Santarém Novo e Sapucaia. Do total de 7312 ARTs registradas em 2024, 85 (1,16%) foram de Cargo-Função (Figura 01B) e 7226 (98,84%) foram de Obra-Serviço e (Figura 01C), sendo 1 de Cargo/Função registrada como “Fora de Época”. Considerando os valores pagos no registro das ARTs, foram arrecadados R\$ 733.069,29 em 2024, sendo R\$ 8.074,23 (1,09%) de Cargo/Função e R\$ 734.226,64 (98,91%). Os cinco municípios com maior número de registros de ARTs foram ordenadamente Paragominas (314), Altamira (298), Santarém (273), Belém (244) e Dom Eliseu (234) e os cinco com menor número foram ordenadamente Soure (1), Santa Cruz do Arari (1), São João da Ponta (2), Quatipuru (2) e Primavera (2).

Figura 1. Mapa apresentando o número total de ARTs (1A), o número de registros ARTs de Cargo/Função - C-F (1B) e o número de ARTs de Ordem/Serviço - O-S (1C) registradas por município do estado do Pará em 2024.



Considerando os resultados da análise de pontos quentes (*Hot Spot Analysis - Getis-Ord Gi\**), detectaram-se dois polos ou zonas quentes, um composto por municípios da região centro/oeste paraense e outro municípios da região leste (Figura 02A). Essas duas regiões apresentam valores da estatística z (z-scores) com número de ARTs (C-F + O-S) superior a pelo menos 1,65 desvios padrões a média de registros dos municípios (Figura 02B), o que representa o nível de confiança de 90% (valor-p  $\leq 0,10$ ). O número de municípios que compõem os pontos quentes (hot spots) depende do nível de confiança adotado (Figura 02A), à medida que o nível de confiança aumenta, o tamanho dos polos diminui. Na região centro-oeste do Estado, 7 municípios (Altamira, Itaituba, Mojuí dos Campos, Novo Progresso, Placas e Uruará) formaram uma zona quente com 95% de confiança. Na região leste, a zona quente com 95% de confiança possui 4 municípios (Dom Eliseu, Goianésia do Pará, Paragominas e Ulianópolis).

Figura 2 – Mapa com o resultado da análise pelo algoritmo *Hot Spot Analysis - Getis-Ord Gi\** apresentando zonas frias (*cold spots*) e zonas quentes (*hot spots*) com diferente níveis de significância e zonas não significativas em relação ao número de ARTs registradas nos municípios em 2024 (1A) e mapa mostrando os valores da estatística z (*z-scores*) ou número de desvios padrões da média do número de ARTs registradas nos municípios do estado do Pará em 2024 (1B).



Considerando os registros por municípios em 2024, o número de ARTs C-F registradas ocorreu em apenas 33 (22,9%) dos 144 municípios do estado do Pará. Os municípios de Parauapebas (10), Belém (8), Marabá (6) e Paragominas (6) e Castanhal (5), Dom Eliseu (5) e Santarém (5) se destacaram por representar 40% do total dos registros de ART de C-F dentre os 33 municípios (Figura 01B). A concentração das ART C-F nesses municípios provavelmente é explicada pela presença de órgãos públicos ambientais e empresas e indústrias relacionadas à mineração, ao manejo florestal, à silvicultura e ao agronegócio, que necessitam de profissionais de engenharia florestal como responsáveis por conduzir atribuições relacionadas às atividades fins ou meio das instituições conforme regulamentado pelo sistema CREA/CONFEA (BRASIL/1966, CONFEA/1977; CONFEA, 2023).

Em relação às ARTs O-S, os 20 municípios com maior quantidade (3.738) representam 51,7% do total registrado nos 138 municípios do Pará. Paragominas (308), Altamira (293), Santarém (268), Belém (236) e Dom Eliseu (229) foram os municípios com os maiores números de registros de ARTs O-S (Figura 01C). Observando a distribuição espacial, notou-se que houve concentração de registros maior na região sul/oeste do estado e menor na região nordeste. A região de maior concentração tem associação espacial com a quantidade de cobertura florestal desses municípios (IBGE 2025), apesar da ocorrência intensa e frequente de desmatamento conforme dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (PRODES 2024). Em relação à região do nordeste paraense, o histórico de ocupação e uso de recursos naturais mostram os municípios apresentam atualmente pouca e fragmentada cobertura florestal, predominando a presença de florestas secundárias (CHAZDON et al 2016).

A ocorrência das zonas quentes mapeadas no estudo está associada à concentração de serviços florestais, incluindo manejo de florestas nativas, reflorestamento comercial e processos de certificação ambiental, bem como à presença de infraestrutura logística que facilita a atuação de empresas do setor. Esses resultados indicam que, em 2024, a atividade dos engenheiros florestais segue padrões espaciais estruturados, refletindo a dinâmica das atividades econômicas florestais locais, em vez de eventos isolados ou distribuídos aleatoriamente. Além disso, a distribuição das Anotações de Responsabilidade Técnica (ARTs) se mostra um indicador importante da intensidade das práticas florestais e pode servir como um recurso valioso para o monitoramento da sustentabilidade do setor.

## CONCLUSÃO

A atuação de profissionais de engenharia florestal foi moldada por condições específicas de alguns municípios do Pará que ofereceram oportunidades de trabalho diferentes e mais atrativas do que outros em 2024. Essas condições de oferta, principalmente de obras e serviços, caracterizaram a atuação profissional da engenharia florestal em dois polos de atratividade ou *hot spots* municipais. As informações geradas no estudo são úteis para orientar decisões profissionais de onde no Estado, além de auxiliar decisões estratégicas de fiscalização, atuação e investimentos pelo CREA-PA.

## AGRADECIMENTOS

Aos conselheiro(a)s da Câmara Especializada de Engenharia Florestal Alisson Rodrigo Souza Reis, Bruno Hoyos Bentes, Cláudia Viana Urbinati, Fabrício Nascimento Ferreira e Thiago Almeida Vieira aos analistas técnicos Roberto Mira Puty e Douglas Will Serrão de Nazaré e ao CREA/PA por disponibilizar os dados.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Lei nº 5.194, de 24 de dezembro de 1966. Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências. DOU, Brasília, DF, 27 dez. 1966.
- CASTRO, Marcia Caldas de, SINGER, Burton H.. "Controlling the False Discovery Rate: A New Application to Account for Multiple and Dependent Test in Local Statistics of Spatial Association." *Geographical Analysis* 38, pp 180-208, 2006.
- CHAZDON, Robin L. et al. Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. *Science Advances*, v. 2, e1501639, 2016. DOI: 10.1126/sciadv.1501639.
- CONFEA. Resolução nº 218, de 29 de junho de 1973. Discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia. DOU, Brasília, DF, 31 jul. 1973.
- CONFEA. Resolução nº 1.073, de 19 de abril de 2016. Estabelece normas para a atribuição de títulos, atividades, competências e campos de atuação profissionais no âmbito das profissões abrangidas pelo Sistema Confea/Crea. DOU, Brasília, DF, 22 abr. 2016.
- CONFEA. Resolução nº 1.137, de 31 de março de 2023. Dispõe sobre a Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, o Acervo Técnico-Profissional e o Acervo Operacional, e dá outras providências. DOU: seção 1, Brasília, DF, ano CLX, n. 65, p. 173, 5 abr. 2023.
- CREA-PA. **SITAC: Sistema de Informações Técnicas e Administrativas**. Belém: CREA-PA, [20--]. Disponível em: <https://servicos-crea-pa.sitac.com.br/>. Acesso em: 29 jul. 2025.
- GETIS, Arthur; ORD, J. Keith. The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis*, v. 24, n. 3, p. 189–206, 1992. DOI: 10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x.
- ORD, J. Keith; GETIS, Arthur. Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application. *Geographical Analysis*, v. 27, n. 4, p. 286–306, 1995. DOI: 10.1111/j.1538-4632.1995.tb00912.x.
- IBGE. *Mapa de vegetação do Brasil: com atualização do RADAM pelo IBGE*. Brasília, DF: IBGE, 2015. 1 mapa, color. Escala 1:5.000.000.
- IBGE. *Censo Demográfico 2022: população e domicílios: primeiros resultados*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. 75 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=2102011&view=detalhes>. Acesso em: 18 ago. 2025.
- IBGE. **Mapa de clima do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 1 mapa (escala 1 : 5 000 000). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15817-clima.html>. Acesso em: 18 ago. 2025.
- INPE. *PRODES – Monitoramento Anual da Supressão da Vegetação Nativa na Amazônia Legal*. Disponível em: <https://terrabrazilis.dpi.inpe.br/downloads/>. Acesso em: 18 ago. 2025.
- MITCHELL, Andy. *The ESRI Guide to GIS Analysis: Volume 2 – Spatial Measurements and Statistics*. Redlands, CA: Esri Press, 2005. 238 p. ISBN 978-1-58948-116-6.
- MMA. Amazônia. *Governo do Brasil – Gov.br*, Brasília, publicada em 28 dez. 2021; atualizada em 05 set. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biomas-e-ecossistemas/biomas/amazonia>. Acesso em: 18 ago. 2025.
- PHILLIPS, O.L., BRIENEN, R.J.W. & the RAINFOR collaboration. Carbon uptake by mature Amazon forests has mitigated Amazon nations' carbon emissions. *Carbon Balance Manage* 12, 1 (2017). <https://doi.org/10.1186/s13021-016-0069-2>
- SFB. Extensão das florestas no Brasil. *Florestas do Brasil: dados e estatísticas*, 2. ed. Brasília, 2024. Disponível em: <https://publicacoes-snif.florestal.gov.br/florestasdobrasil/pt/recursos-florestais/extensao-das-florestas-no-brasil/>. Acesso em: 18 ago. 2025.