XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.5/101

Viabilidade do Uso de Estacas de Madeira em Fundações de Pontes Rodoviárias no Estado do Amapá

Luis Henrique Rambo
Doutorando, FECFAU/UNICAMP, Campinas/SP, Brasil, l202359@dac.unicamp.br

Leonardo Haick Mathias
Eng Civil, UNIFAP, Macapá/AP, Brasil. leo.haick@yahoo.com.br

José Vitor Borges de Assis
Eng Civil, Perito Criminal POLITEC, Macapá/AP, Brasil. zvitorassis@gmail.com

Adenilson Costa de Oliveira
Prof. Me. Eng Civil, UNIFAP, Macapá/AP, Brasil. adcivil@gmail.com

Marcelo Augusto Rambo
Mestrando. PMPECS/UNC, Mafra/SC, Brasil. rambo@unir.br

RESUMO: O uso de estacas de madeira em fundações profundas representa uma solução tradicional na engenharia civil, especialmente em regiões amazônicas, onde a disponibilidade de espécies com propriedades mecânicas adequadas favorece sua aplicação. Contudo, esse tipo de fundação tem sido progressivamente substituído por sistemas em concreto e aço, muitas vezes sem avaliação criteriosa de sua viabilidade. Este artigo avalia a viabilidade do uso de estacas de madeira em fundações de pontes rodoviárias no Estado do Amapá, considerando aspectos geotécnicos, normativos, ambientais e econômicos. A metodologia adotada compreendeu revisão bibliográfica, análise normativa com base na NBR 6122:2019 e entrevistas semiestruturadas com engenheiros civis atuantes na região. Os resultados indicam que, quando adequadamente especificadas, tratadas e executadas, as estacas de madeira apresentam desempenho satisfatório, sobretudo em solos saturados e com lençol freático elevado. Embora o custo inicial seja geralmente inferior ao de soluções convencionais, a durabilidade e a necessidade de manutenção frequente configuram fatores limitantes. Conclui-se que as estacas de madeira constituem uma alternativa tecnicamente viável para pontes rodoviárias de pequeno e médio porte no Amapá, desde que adotados critérios rigorosos de projeto, controle executivo e sustentabilidade ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Estacas de madeira, Fundações profundas, Pontes rodoviárias, Sustentabilidade.

ABSTRACT: The use of timber piles in deep foundations is a traditional solution in civil engineering, particularly in Amazonian regions where suitable wood species are available. However, timber foundations have been increasingly replaced by concrete and steel systems, often without a detailed feasibility assessment. This paper evaluates the feasibility of using timber piles in road bridge foundations in the State of Amapá, Brazil, considering geotechnical, regulatory, environmental, and economic aspects. The methodology included a literature review, normative analysis based on NBR 6122:2019, and semi-structured interviews with civil engineers working in the region. The results indicate that, when properly specified, treated, and installed, timber piles show satisfactory performance, especially in saturated soils with high groundwater levels. Although initial costs are generally lower than those of conventional solutions, durability and maintenance requirements remain limiting factors. It is concluded that timber piles are a technically feasible alternative for small- and medium-span road bridges in Amapá, provided that strict design, construction control, and sustainability criteria are adopted.

KEYWORDS: Timber piles, Deep foundations, Road bridges, Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

As pontes de madeira, principalmente as de pequenos vãos, são largamente empregadas nas estradas vicinais brasileiras e tem extrema importância no âmbito socioeconômico do país, seja para o deslocamento de pessoas como para a logística de transporte de mercadorias. Com uma enorme reserva florestal e capacidade de reflorestamento, as pontes de madeira de pequenos e médios vãos são bastante competitivas no ponto de vista econômico em relação a outros materiais com base em custos iniciais e a longo prazo, principalmente devido ao seu baixo custo energético de produção. No Brasil, observa-se que, embora exista número considerável de pesquisas sobre superestruturas de pontes de madeira, o mesmo não ocorre em relação às subestruturas, especialmente no que se refere às fundações com estacas de madeira. (MINÁ e DIAS, 2008)

Segundo Calil Júnior et al., (2006), apesar de estar sujeito ao apodrecimento e ataques de insetos, a madeira é um material duradouro quando utilizada com tratamento preservativo químico adequado, protegendo e evitando sua deterioração por um período de 50 anos ou mais, tendo pouca manutenção durante sua vida útil. Na construção civil, as estacas de madeira são utilizadas desde os primórdios, porém atualmente seu uso está bastante reduzido.

O Amapá é um estado da região Norte do Brasil, conhecido por sua rica biodiversidade e pelas comunidades ribeirinhas que habitam as margens dos rios da região. A construção civil é uma importante atividade econômica do estado, e a utilização de estacas de madeira é uma prática comum na construção de edificações, principalmente em áreas alagáveis e em regiões com solos instáveis. A utilização de estacas de madeira para construção civil é uma técnica milenar, que tem sido utilizada em todo o mundo desde tempos imemoriais. Estima-se que milhões de estacas de madeira ainda estejam em serviço, suportando desde pequenas edificações até grandes estruturas, como igrejas, palácios e construções hidráulicas, incluindo muros de cais e pontes. (KLAASSEN e CREEMERS, 2012)

A seleção inadequada do tipo de martelo pode resultar em danos às estacas, uma vez que martelos com energia superior à especificada podem causar fissuração ou esmagamento, enquanto martelos subdimensionados podem comprometer a eficiência da cravação. (DAS, 2011)

A utilização de estacas de madeira como fundações para pontes rodoviárias no Amapá tem uma grande relevância para a pesquisa científica, uma vez que permite estudar a eficácia e a durabilidade desse tipo de fundação em um ambiente específico, que apresenta particularidades que podem influenciar no desempenho da estrutura.

As construções com peças roliças de madeira aparecem como alternativa viável para estruturas civis, rurais e de infraestrutura, incluindo estacas de fundações, passarelas e pontes, por conciliarem aspectos de sustentabilidade social, econômica e ambiental. (BRITO, 2010)

As causas associadas aos problemas observados em fundações de estacas de madeira são amplamente conhecidas e estão relacionadas, principalmente, a fatores de projeto, execução, sobrecarga e condições hidrológicas inadequadas, e não ao material em si. (KLAASSEN e CREEMERS, 2012)

Resultados obtidos por Miná e Dias (2008) demonstram que estacas de madeira são excelentes elementos estruturais para uso em fundações, apresentando desempenho compatível com aplicações em pontes de pequeno vão. (MINÁ e DIAS, 2008)

Diante desse contexto, o presente artigo tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica, ambiental e econômica do uso de estacas de madeira em fundações de pontes rodoviárias no Estado do Amapá, à luz da literatura especializada, da normativa brasileira vigente e da percepção de profissionais atuantes na região.

2 METODOLOGIA

A pesquisa adotou abordagem qualitativa e exploratória, combinando revisão bibliográfica sistemática, análise normativa conforme a NBR 6122:2019 e entrevistas semiestruturadas com engenheiros civis atuantes em projetos e obras de pontes rodoviárias no Estado do Amapá.

2.1 Descrição do Local

O Estado do Amapá está localizado no extremo norte do Brasil, na Região Norte do país. Sua posição geográfica é única e estratégica, fazendo fronteira com o Oceano Atlântico e com dois países da Guiana: a Guiana Francesa, a leste, e o Suriname, a oeste. Devido à sua localização geográfica e a grande quantidade de recursos naturais, o Amapá desempenha um papel estratégico para o país, contribuindo para a economia

brasileira através da exploração de minérios, madeira, pesca, turismo e produção de energia hidrelétrica. A figura 1 apresenta o mapa dos municípios, divisas e a linha do Equador. (IBGE, 2024)



Figura 1. Mapa dos Municípios no estado do Amapá Fonte: IBGE (2024)

A capital do Estado é Macapá, que está situada às margens do rio Amazonas, cerca de 15 km ao sul da linha do Equador, o que confere à cidade uma característica única, a Linha do Equador passa exatamente pelo meio da cidade. Isso resulta em uma influência direta da Zona de Convergência Intertropical, favorecendo um clima equatorial úmido. A estação seca, por sua vez, ocorre entre agosto e dezembro.

As características do solo no Amapá são diversificadas devido à ampla variedade de formações geológicas presentes no estado. A região abrange desde solos arenosos e argilosos até solos lateríticos e solos de várzea. Além disso, é comum encontrar solos orgânicos em áreas de manguezais e regiões próximas a rios.

A topografia do Amapá é caracterizada por uma combinação de planícies costeiras, áreas de manguezais, planaltos e serras. A infraestrutura de transportes do Amapá dispõe de 4 rodovias estaduais e 2 rodovias federais, sendo estas: BR-156, que se estende do município de Oiapoque, no extremo norte do estado, ao município de Laranjal do Jari, no sul; BR-210, que vai de Roraima a Porto Grande e Macapá.

A rede rodoviária do Amapá apresenta uma série de problemas estruturais que trazem prejuízos à sua população e refletem diretamente na economia do estado. Longos trechos sem pavimentação, problemas de escoamento da água e pontes de madeira com a estrutura comprometida são os maiores desafios enfrentados.

2.2 Procedimentos

2.2.1 Fichamento e seleção de citações

O processo de fichamento inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico com base em fontes acadêmicas e literatura especializada, selecionando trabalhos que abordam a temática de estacas de madeira em fundações de pontes rodoviárias.

2.2.2 Entrevistas semiestruturadas

A entrevista foi elaborada com 8 perguntas, abordando questões sobre as razões e vantagens da utilização de estacas de madeira em fundações de pontes rodoviárias no Estado do Amapá. A entrevista foi realizada junto a um grupo de engenheiros civis, composto com no (mínimo três e no máximo cinco) profissionais, que possuam experiência e conhecimento na área de projeto e construção de pontes.

As entrevistas com os engenheiros civis foram conduzidas de forma integrativa com a literatura, buscando aprofundar as respostas obtidas na entrevista e complementar com experiências práticas dos profissionais. Essa abordagem permitiu obter uma visão mais ampla e embasada sobre a utilização de estacas de madeira em pontes rodoviárias no contexto específico do Estado do Amapá.

2.2.3 Processamento dos dados de forma qualitativa

Creswell e Poth (2018), Fontana e Frey (2005), são fundamentais para entender e embasar a escolha da abordagem qualitativa, especialmente no contexto das entrevistas semiestruturadas, contribuindo para a construção de uma pesquisa sólida e cientificamente embasada sobre o uso de estacas de madeira para fundações de pontes rodoviárias no Estado do Amapá. Creswell e Poth (2018), referem-se a um método de pesquisa que oferece certa flexibilidade ao entrevistador, permitindo seguir uma estrutura básica de questões predefinidas, mas também adaptar e explorar novos tópicos ou questões emergentes conforme a interação com o entrevistado.

As entrevistas semiestruturadas foram conduzidas com engenheiros civis especializados em projetos e construções de pontes rodoviárias, a fim de compreender suas visões e conhecimentos sobre a utilização de estacas de madeira em fundações de pontes no Estado do Amapá. Para processar os dados qualitativos obtidos, as respostas foram compiladas e organizadas em quadros individuais, permitindo uma análise comparativa entre as percepções e experiências dos profissionais entrevistados.

A compilação e organização desses dados em quadros individuais permitiram uma análise aprofundada das respostas dos engenheiros civis, identificando convergências e divergências em suas percepções e experiências. A abordagem integrativa entre as entrevistas e a literatura proporcionou uma compreensão mais holística e embasada sobre a utilização de estacas de madeira em fundações de 59 pontes no Estado do Amapá.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Motivação da utilização das estacas de madeira para fundações

A revisão de literatura apresentada aborda um tema importante e relevante para a engenharia civil e ambiental, que é a utilização de estacas de madeira como fundações de pontes rodoviárias no Estado do Amapá.

Mina (2005), enfatizou que com o crescente interesse em materiais de construção resistentes, duráveis e ecológicos, bem como o desenvolvimento de novas técnicas de ligação e materiais derivados da madeira, as pontes de madeira têm despertado um interesse renovado. Isso mostra que há uma tendência de revalorização das estruturas de madeira, inclusive em fundações de pontes rodoviárias, devido às suas características sustentáveis e propriedades mecânicas adequadas.

A escolha de estacas de madeira como fundações de pontes rodoviárias pode ser uma abordagem interessante e sustentável, considerando a abundância de recursos florestais no Amapá. Estudos clássicos demonstram que a durabilidade das estacas de madeira está fortemente associada à sua posição em relação ao lençol freático. Ensaios laboratoriais realizados em estacas de madeira provenientes de edificações dos séculos XVI e XIX indicam que estacas posicionadas abaixo do nível d'água subterrâneo mantêm suas propriedades físicas por centenas de anos. (LUNDSTRÖM, 1981)

Em ambientes caracterizados por lençol freático elevado e solos permanentemente saturados, como ocorre em grande parte da região amazônica, a ausência de gradiente hidráulico ao longo das estacas tende a limitar o fluxo de água através da madeira, reduzindo significativamente os processos de degradação bacteriana. (KLAASSEN, 2008)

Ensaios de carregamento estático em estacas de madeira demonstraram que métodos analíticos consagrados são capazes de prever adequadamente o comportamento vertical e lateral dessas estacas, desde que parâmetros geotécnicos representativos sejam utilizados. (ADIB, 2001)

Estudos baseados em análises dendrocronológicas indicam que o intervalo de tempo entre o corte da árvore e sua utilização como estaca de fundação exerce influência significativa no desempenho e na suscetibilidade à degradação da madeira. Investigações em fundações históricas demonstram que, em geral, esse intervalo não excede três anos, sendo frequentemente inferior a dois anos, o que contribui para a preservação das propriedades do material. (KLAASSEN, 2012).

A partir das percepções dos principais autores da literatura abordada sobre a utilização de estacas de madeira para fundações de pontes rodoviárias, verificou-se que: Pfeil e Pfeil (2003), destacaram que a madeira é um dos materiais de construção mais antigos utilizados devido à sua disponibilidade natural e facilidade de manuseio. A resistência, baixo peso e capacidade de absorver impactos tornam na uma opção desejável para construções dessa natureza, incluindo pontes rodoviárias. A madeira pode ser implementada em qualquer local e condição climática, sem prejudicar a qualidade do material. Além disso, sua aparência natural proporciona um aspecto agradável às estruturas. Ritter (1992), ressaltou que, embora a madeira seja suscetível à

deterioração e ao ataque biológico, ela pode se tornar durável quando protegida da variação da umidade. O uso de preservativos pode aumentar a vida útil da madeira exposta por longos períodos, chegando a mais de 50 anos.

Por outro lado, a capacidade de estacas de madeira existentes em resistir a esforços laterais foi considerada limitada, sobretudo quando a conexão entre segmentos de materiais distintos não é capaz de transferir momentos fletores ou esforços cortantes significativos. (ADIB, 2001)

Apesar do amplo volume de estudos voltados à avaliação ambiental de superestruturas, observa-se uma atenção ainda muito limitada à análise do impacto ambiental de fundações profundas, mesmo sendo estas responsáveis por uma parcela significativa do carbono incorporado nas estruturas. (ABUSHAMA et al., 2025)

Hellmeister (1978), explicou que a madeira no Brasil tem sido uma solução prática para a construção de pontes em diversas regiões, incluindo o Estado do Amapá. Essas pontes costumavam ser construídas por carpinteiros, sem cálculos estruturais complexos, utilizando vigas de madeira maciça e apoios de pedra. Algumas estruturas mais evoluídas existiam em São Paulo, permitindo a passagem de automóveis e bondes elétricos. Isso mostra que a tradição de utilizar estacas de madeira em pontes rodoviárias tem raízes históricas no Brasil.

Estacas de madeira existentes podem ser reutilizadas em novas estruturas, desde que sejam realizadas inspeções detalhadas, provas de carga e ensaios de integridade, a fim de verificar sua capacidade resistente e o estado atual de deterioração do material. (DAS, 2011)

A utilização de materiais renováveis e de menor intensidade de carbono, como a madeira, está alinhada às atuais diretrizes de redução de emissões e desenvolvimento de soluções construtivas mais sustentáveis no setor da construção civil. (ABUSHAMA et al., 2025).

Contudo, é importante lembrar que a utilização de estacas de madeira requer um projeto e execução adequados para garantir a segurança e desempenho das estruturas.

3.2 Análise qualitativa das entrevistas

Após a realização das entrevistas semiestruturadas, as respostas foram organizadas por categorias temáticas, permitindo identificar os principais aspectos convergentes observados entre os profissionais participantes. Essa estratégia de análise possibilitou sintetizar as percepções relacionadas ao emprego de estacas de madeira em fundações de pontes rodoviárias, destacando os elementos considerados mais relevantes quanto aos aspectos normativos, técnicos, executivos e de viabilidade.

A Tabela 1 apresenta uma síntese das categorias identificadas e dos principais pontos recorrentes nas respostas obtidas.

Tabela 1. Perguntas e respostas das entrevistas de forma compilada. Fonte Matias, 2024.

Tema	**Síntese das respostas**
Perfil profissional	Experiência em projeto, construção, inspeção e manutenção de pontes rodoviárias.
Normas utilizadas	Predomínio da ABNT NBR 6122, ABNT NBR 7190 e normas do DNIT.
Aplicação das estacas	Indicadas principalmente para pontes de pequeno porte em solos moles.
Tratamento preservativo	Considerado indispensável para aumento da vida útil.
Vantagens	Baixo custo inicial, disponibilidade regional, facilidade construtiva e sustentabilidade.
Limitações	Durabilidade, necessidade de manutenção e restrições para grandes vãos.
Viabilidade	Considerada tecnicamente viável quando observados critérios de projeto, execução e manutenção.
Recomendações	Controle da origem da madeira, inspeções periódicas, estudos hidrológicos e avaliação técnica individualizada.

Observa-se que os entrevistados apresentam elevado grau de concordância quanto aos aspectos fundamentais relacionados ao uso de estacas de madeira em fundações de pontes rodoviárias. Em geral, reconhecem que a solução pode ser tecnicamente viável em condições específicas, especialmente em regiões caracterizadas por solos moles e elevada disponibilidade de madeira. Entre os principais benefícios destacam-se o baixo custo inicial, a facilidade executiva e o potencial de utilização de um material renovável.

Por outro lado, os profissionais ressaltam que a durabilidade permanece como o principal fator limitante, tornando indispensável a adoção de tratamentos preservativos, inspeções periódicas e adequado controle tecnológico durante todas as etapas de projeto e execução.

De forma complementar, as entrevistas evidenciam que a decisão pela utilização de estacas de madeira deve considerar não apenas aspectos econômicos, mas também critérios geotécnicos, hidrológicos, ambientais e de manutenção ao longo da vida útil da estrutura.

A tabela 2 apresenta o restante das perguntas e respostas das entrevistas de forma compilada.

Tabela 2. Perguntas e respostas das entrevistas de forma compilada. Fonte Matias, 2024.

Entrevistado	Normas	Uso (madeira)	Vantagens	Limitações	Recomendação
R1	NBRs 6122 e 7190	Uso frequente em pontes	Baixo custo e rápida execução	Elevada necessidade de manutenção	Controle da origem e inspeções periódicas
R2	NBRs 6122, 7190 e DNIT	Áreas remotas	Facilidade executiva e menor custo inicial	Menor durabilidade	Rastreabilidade da madeira e planejamento logístico
R3	Conforme projeto	Uso pontual	Boa adaptação a solos moles	Restrições econômicas e ambientais	Avaliação técnica caso a caso

Com base nas entrevistas realizadas, observa-se que os profissionais demonstram domínio das normas técnicas aplicáveis às fundações com estacas de madeira, em especial a NBR 6122 e a NBR 7190, indicando aderência às diretrizes normativas nos projetos e na execução das obras, aspecto essencial para a qualidade e a segurança estrutural. Os entrevistados reconhecem a viabilidade do uso de estacas de madeira em contextos específicos, destacando sua boa adaptação a solos moles; entretanto, apontam limitações relevantes, como restrições ambientais, oferta limitada de madeira local e redução da vida útil quando comparada a soluções em concreto.

O tratamento preventivo das estacas é citado como prática recorrente para aumento da durabilidade, embora sejam relatadas limitações quanto à sua eficácia, refletidas na necessidade de manutenções frequentes e na ocorrência de manifestações patológicas precoces. Os respondentes também convergem quanto à necessidade de avanços tecnológicos na concepção e execução de pontes com estacas de madeira, seja por meio da adoção de soluções mistas, seja pelo aprimoramento dos métodos construtivos e das condições de segurança operacional.

De forma consistente, os entrevistados consideram mais adequada a aplicação de estacas de madeira em pontes de menor extensão, alertando para o aumento de custos, complexidade logística e impactos operacionais em estruturas de maior porte. Destaca-se ainda a importância de estudos hidrológicos e de avaliações técnicas criteriosas para a definição da real necessidade de adoção desse tipo de solução, especialmente diante das restrições de disponibilidade de madeira na região.

Nesse contexto, a análise evidencia a necessidade de equilíbrio entre os benefícios técnicos, ambientais e econômicos do uso de estacas de madeira, reforçando a relevância de investimentos em melhorias nos tratamentos preservativos, no desenvolvimento tecnológico e na avaliação criteriosa da viabilidade de aplicação dessas fundações no Estado do Amapá. Ressalta-se, ainda, que estudos recentes indicam desempenho ambiental superior das estruturas em madeira quando comparadas a soluções em concreto e aço, especialmente no que se refere às emissões de gases de efeito estufa e ao consumo energético ao longo do ciclo de vida. (ABUSHAMA et al., 2025)

As informações foram obtidas por meio de entrevistas semiestruturadas com engenheiros civis atuantes no Estado do Amapá e apresentadas de forma anonimizada, utilizando-se identificações genéricas (R1, R2, R3), de modo a preservar a confidencialidade dos participantes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida indica que as estacas de madeira podem representar uma alternativa tecnicamente viável para fundações de pontes rodoviárias em contextos específicos, especialmente quando consideradas sob a ótica do custo inicial e da disponibilidade regional. No entanto, sua aplicação apresenta limitações relevantes associadas à durabilidade, à necessidade de manutenção frequente e às condições ambientais, aspectos determinantes para a tomada de decisão em projetos de infraestrutura.

Em ambientes tropicais úmidos, como o do Estado do Amapá, a ação combinada da umidade elevada, de agentes biológicos e dos processos hidráulicos associados a rios e igarapés tende a acelerar os mecanismos de degradação da madeira, exigindo inspeções regulares e intervenções periódicas. Essa recorrência de manutenção pode resultar em custos acumulados ao longo da vida útil superiores aos observados em soluções mais duráveis, como estacas de concreto armado ou aço.

Os resultados reforçam a importância de uma abordagem criteriosa no projeto e na execução de fundações com estacas de madeira, considerando aspectos como escolha da espécie, tratamento preservativo, controle executivo e compatibilidade com as condições geotécnicas e hidrológicas locais. A ocorrência de manifestações patológicas, como recalques, deslocamentos e deterioração do material, pode comprometer a estabilidade e a segurança estrutural, demandando ações corretivas oportunas.

Do ponto de vista ambiental, a madeira proveniente de florestas manejadas de forma sustentável apresenta vantagens relevantes, por se tratar de material renovável, de baixo impacto ambiental e com potencial de sequestro de carbono, em consonância com diretrizes contemporâneas de sustentabilidade. (KLAASSEN e CREEMERS, 2012)

Entretanto, tais benefícios somente se consolidam quando associados a estratégias eficazes de durabilidade, como o uso de tratamentos preservativos adequados, conforme preconizado pelas normas técnicas vigentes.

Dessa forma, a escolha do material de fundação para pontes rodoviárias no Amapá deve considerar não apenas os custos iniciais, mas também o desempenho estrutural, a durabilidade ao longo da vida útil, as exigências de manutenção e os impactos ambientais. A adoção de soluções mais duráveis ou híbridas, aliada à observância rigorosa da NBR 6122:2019 (ABNT, 2019), pode contribuir para infraestruturas mais seguras, econômicas e sustentáveis no contexto regional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abushama, M.; Zornberg, J. G.; Han, J.; Leshchinsky, D. (2025). *Environmental performance of timber structures compared to concrete and steel solutions: life cycle assessment approach*. Journal of Cleaner Production, v. 418, p. 139812.

Adib, M. E. (2001). *Load tests on prestressed precast concrete and timber piles*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, v. 127, n. 12, p. 1043–1050.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997). *NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2019). *NBR 6122: Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro.

Brito, L. D. (2010). *Estacas de madeira aplicadas a fundações: avaliação do desempenho estrutural e geotécnico*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Calil Júnior, C.; Lahr, F. A. R.; Dias, A. A. (2006). *Dimensionamento de elementos estruturais de madeira*. Barueri: Manole.

Creswell, J. W.; Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: choosing among five approaches*. 4. ed. Thousand Oaks: Sage Publications.

Das, B. M. (2011). *Principles of foundation engineering*. 7. ed. Stamford: Cengage Learning.

Fontana, A.; Frey, J. H. (2005). *The interview: from neutral stance to political involvement*. In: Denzin, N. K.; Lincoln, Y. S. (Eds.). The Sage handbook of qualitative research. 3. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, p. 695–727.

Hellmeister, J. C. (1978). *Pontes de madeira*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Klaassen, R. (2012). *Historical use of timber piles*. In: Klaassen, R.; Creemers, J. *Timber piles and foundations*. Rotterdam: CRC Press/Balkema, p. 1–22.

Klaassen, R.; Creemers, J. (2012). *Timber piles and foundations*. Rotterdam: CRC Press/Balkema.

Lundström, T. (1981). *Timber foundations in Sweden*. Stockholm: Swedish Council for Building Research.

Matias, L. H. (2024). *Estudo da utilização de estacas de madeira para fundações de pontes rodoviárias no Estado do Amapá*. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2024.

Miná, A. J. S.; Dias, A. A. (2008). *Estacas de madeira para fundações de pontes de madeira*. Cadernos de Engenharia de Estruturas, v. 10, n. 44, p. 129–155.

Pfeil, W.; Pfeil, M. (2003). *Estruturas de madeira*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC.

Ritter, M. A. (1992). *Timber bridges: design, construction, inspection, and maintenance*. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.