USO DE ESTACAS DE MADEIRA COMO ELEMENTO ESTRUTURAL DE FUNDAÇÕES EM OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL

GUSTAVO LOPES DA SILVA[1]

[1]Acadêmico em Engenharia Civil, UNIP, Brasília – DF, gustavoslopes.ec@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Palmas/TO – Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: Este trabalho objetivou estudar o uso de estacas de madeira como elemento estrutural de fundações em obras de engenharia civil, buscando verificar a segurança, a viabilidade sustentável e econômica. Na metodologia foi utilizado estudos de pesquisas e trabalhos em que abordam este tema, e desta forma analisar trabalhos realizados com estacas de madeira em sua fundação. Os resultados apresentam que o uso de estacas de madeira ainda tem pouca força no mercado atual, devido à dificuldade de encontrar material adequado, já que há vulnerabilidade do material quando submetido a condições de oscilação de umidade. Mas, verifica-se, ainda, que há vantagens em seu uso, quando o material é tratado adequadamente, se tornando econômico, sustentável e seguro.
PALAVRAS-CHAVE: Estaca de madeira, sustentabilidade, fundações profundas.

USE OF WOOD CRATES AS A STRUCTURAL ELEMENT OF FOUNDATIONS IN CIVIL ENGINEERING WORKS IN BRAZIL

ABSTRACT: This work aimed to study the use of wood stakes as a structural element of foundations in civil engineering works, seeking safety verification, sustainable and economical viability. A pietro foilised study studies and works in that approaching this theme, and the form from the study in the status of the company in its found. The results of the use of wood cuttings have not yet had strength in the market, due to the difficulty to find suitable material, since there is a vulnerability of the material when subjected to conditions of oscillation of humidity. But, if you still, that there are advantages in its use, when the material is treated, becoming economical, sustainable and safe.
KEYWORDS: Wood cutting, sustainability, deep foundations.

INTRODUÇÃO

É plausível afirmar que a fundação de obras de engenharia exerce um dos processos de maior importância no contexto do conjunto estrutural. O processo de transmitir a carga vinda da estrutura para o solo de modo que não haja recalques ou deformações exageradas demonstra a habilidade das técnicas de engenharia e do engenheiro que a projetou.

Existem relatos que mesmo durante os princípios da evolução humana, o homem pré-histórico já utilizava de forma rudimentar a madeira, construindo suas primeiras habitações sobre estacas de madeira, as palafitas, em regiões inundáveis. Cabanas de pedras eram feitas nos locais onde havia escassez deste recurso. NÁPOLES NETO (1998).

De acordo com Vargas (1998), as informações mais precisas quanto ao uso de estacas de madeira em fundações data a partir de 1930, quando os edifícios eram construídos em concreto armado e já se apoiavam em fundações diretas, como sapatas de concreto armado ou blocos de concreto simples. Em situações que eram utilizadas fundações profundas, optava-se pelo uso de estacas de madeira ou estacas pré-moldadas de concreto armado.

Considerando-se que no Brasil a madeira é um recurso com bastante abundancia, e no contexto do desenvolvimento de técnicas de fundações, nota-se que os esforços do passado não foram em vão, que apesar de ser menos eficientes, eles foram fundamentais para que a busca por novos

materiais, técnicas e estudos, incitassem cada vez mais o interesse nos profissionais quanto as fundações.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa desenvolvida no presente trabalho abrange pesquisas em trabalhos que envolvem o estudo sobre a viabilidade, cuidados e características no que tange o uso de estacas de madeira como elemento de fundações profundas no Brasil.

O Brasil é um país continental, e em decorrência da sua grande extensão territorial, possui diversos tipos de solos. Basta observar os variados tipos de paisagens brasileiras e nota-se que os solos no país apresentam cor e texturas diferentes em cada lugar observado. Estas diferenças nas características que determinam se são solos mais arenosos, argilosos ou siltosos. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o Brasil possui treze tipos de solos. Neste interim, conhecer o tipo de solo para escolher a fundação que melhor se adequa a sua situação é profundamente necessário.

Uma das fases mais importantes em qualquer projeto de construção é, mesmo durante as fases preliminares, é a investigação quanto as características do solo. Ao projetar as fundações, o passo inicial é a realização de ensaios de campo para identificar as camadas que compõem e foram o perfil geotécnico. Segundo Celso Nogueira Corrêa, presidente do Núcleo São Paulo da Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (NRSP – ABMS), reconhecer as particularidades de cada camada do solo, como índices físicos, resistências, características é algo fundamental, sendo recomendado algumas amostras do solo para ensaios, com objetivo de melhor caracterizar o material de cada camada. Em laboratório utiliza-se análise de granulometria, já na pratica, o mais corriqueiro é o teste de campo, do tipo Standard Penetration Test (SPT), com a análise tátil-visual do sondador.

Se durante a fase de investigação geotécnica do terreno, os solos identificados por baixos índices de resistência à penetração nas sondagens a percussão, é frequente recorrer a fundações profundas, que são capazes de avançar até uma camada onde o solo é mais rígido para suportar as cargas. De acordo com a NBR 6122/2010, item 3.7, a fundação profunda é o elemento da fundação que transmite a carga do terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência do fuste) ou por uma combinação entre as duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, em no mínimo 3,0 metros.

Segundo a NBR 6122/1996, a estaca é o elemento de fundação profunda executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja descida de operário. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado in situ ou mistos. (Urbano, 2010), as estacas são elementos estruturais esbeltos que, colocados no solo por cravação ou perfuração, tem a finalidade de transmitir cargas ao mesmo.

O uso da madeira apresenta como principais vantagens a sua capacidade de resistir tanto aos esforços de compressão, como de tração; é um material leve em peso e que possui alta resistência mecânica; permite fácil trabalhabilidade; não estilhaça quando golpeada; apresenta boas condições naturais de isolamento térmico e absorção acústica; apresenta no seu aspecto natural grande diversidade de padrões. (FURIATI, 1981).

Furiati (1981), como desvantagens principais em relação ao seu uso, é por ser um material fundamentalmente heterogêneo, bastante vulnerável aos agentes externos e a sua durabilidade limitada quando desprotegida; é sensível aos agentes biológicos, podendo sofrer alterações nas suas dimensões quando ocorre variação de umidade.

Para sanar algumas destas desvantagens há processos de tratamento da madeira e recomendações. A NBR 6122/1996, alerta que as estacas de madeira devem ter seus topos (cota de arrasamento) permanentemente abaixo do nível d'água; em obras provisórias ou quando as estacas recebem tratamento de eficácia comprovada, esta exigência pode ser dispensada. A mesma norma, adverte que em aguas livres, as estacas de madeira devem ser protegidas contra o ataque de organismos.

A degradação da madeira é resultado do ataque de fungos e insetos xilófagos, que podem invadir determinadas áreas da madeira e se não são detectados e combatidos a tempo, destroem suas células e afetam suas propriedades físicas e químicas, reduzindo drasticamente sua resistência estrutural (CARTAGENA, 1982 p. 1-31, apud MELLO, 2007). É necessário utilizar técnicas de tratamento e prevenção de madeira de baixa durabilidade para usos de estruturas. Desta forma, é

possível atingir níveis melhores de duração, como aos casos em que a espécie de madeira possui alta durabilidade natural.

Conforme VELOSO&LOPES (2002), apud. VARGAS (1955), as estadas de madeira não devem, em regra, ser utilizadas em obras terrestres sem tratamento, quando ficam inteiramente ou parcialmente acima do lençol d'água subterrâneo. E não devem ser utilizadas, sem tratamento, em nenhuma ocasião. De acordo com Moreshi (2013), existem métodos simples e de baixos custos de investimentos no que tange tratar madeiras, devindo-se os tratamentos para madeira seca e madeira verde. Dentre os métodos para madeira seca estão o tratamento por pincelamento, por pulverização, encharcamento e aplicação de graxas. Já para madeiras verdes. Existem tratamentos por substituição de seiva (subdividindo em dois: tratamento por capilaridade ou transpiração radial e tratamento pelo processo Boucherie modificado), por difusão (sendo difusão e difusão dupla), tratamento temporário da madeira e banho quente-frio.

Segundo MINÁ (2005), atualmente, no Brasil, o preservativo mais usado, quase que exclusivamente, em estacas de madeira é o CCA (preservativo hidrossolúvel, que é composto por cromo, cobre e arsênio, sendo o preservativo de mais larga aplicação em todos os ambientes adverso ao uso da madeira). De acordo com o autor, não existe um estudo sobre o dano do preservativo ao solo, mas sempre há perigo. No entanto, do ponto de vista ambiental, no caso específico das estacas de madeira, o melhor seria evitar estes preservativos, usando madeira que disponham de durabilidade natural. No Brasil, esta solução ainda não é possível, já que favorece diretamente a contribuição do desmatamento de florestas nativas, uma vez que as madeiras de reflorestamento são basicamente pinus e eucaliptos.

Quanto ao processo de cravação da estaca de madeira, a NBR 6122/96 recomenda que seja executada com martelo de queda livre, cuja relação entre o peso do martelo e o peso da estaca seja a maior possível respeitando-se a relação mínima de 1,0. Para isso, os topos da estaca têm que ser protegidos para não sofrerem danos durante a cravação, mas se houver, a parte afetada deve ser removida. Além de que, deve-se penetrar camadas resistentes, e as pontas devem ser protegidas por ponteira de aço. A mesma norma também prevê que as estacas de madeira podem ser emendadas desde que essas emendas resistam a todas as solicitações que ocorrem durante o manuseio, cravação e trabalho da estaca. Estas emendas podem ser por sambladuras, por anel metálico, por talas de junção ou qualquer processo que garanta a integridade da estaca.

A madeira é um material resistente tanto à compressão quanto à tração, devido sua resistência mecânica, que está ligada à sua densidade. Existe uma relação muito consistente entre a densidade e resistência mecânica, de modo que as madeiras mais pesadas são em geral mais resistentes. Além disso, os autores concluem afirmando que este é um parâmetro que varia em função do teor de água da madeira, o qual influencia não só o peso, mas também o seu volume. As madeiras de maior peso específico apresentam maior resistência, o que se explica pela existência de maior quantidade de madeira por unidade de volume, (PFEIL, W.; PFEIL, M., 1994).

A carga admissível das estacas de madeira depende completamente das dimensões, das características do solo que atravessam no terreno, assim, ela deverá ser sempre determinada de acordo com os casos particulares a que forem submetidas. Conforme a NBR 6122/96, as estacas de madeira têm sua carga estrutural admissível calculada, sempre em função da seção transversal mínima, adotando-se tensão admissível compatível com o tipo e a qualidade da madeira, conforme a NBR 7190. Para estacas com um comprimento mínimo de 5m, desde que a camada resistente na qual esteja implantada a estaca seja areia compacta ou argila ao longo da espessura suficiente, usa-se os valores obtidos na tabela 2 como ordem de grandeza recomendados na elaboração de estudos e projetos.

	Carga admissível (KN)				
Penetração na camada resistente (m)	Diâmetro de ponta (cm)				
	15	20	25	30	35
3	100	150	200	300	400
4	150	200	300	400	500
5	-	300	400	500	600

Tab. 3. Cargas e penetrações de estacas de madeira (DIN 4026).

Nota: Valores intermediários devem ser interpolados linearmente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as informações reunidas no presente trabalho, que estacas de madeira como elementos de fundações profundas no Brasil é pouco utilizado.

O Brasil é um país rico em madeira, sendo um fator para a utilização deste material no emprego de estruturas. Mas, para evitar desmatamento, pode-se utilizar madeira de reflorestamento, que conforme afirma o Manual de Projeto de Construção de Pontes de Madeira, da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo – USP, o uso estrutural deste tipo de madeira é uma opção em relação às espécies tropicais, sendo uma solução natural. Sendo o Pinus e o Eucalipto arvores reflorestadas mais atuais no Brasil, e bastante utilizado em obras de construção civil, sendo este último uma das espécies com mais disponibilidade no país.

As estacas de madeira são fáceis de transportar, são leves, e baratas, dependendo da região. Elas devem ser reforçadas com pontas de cravação e seu topo protegido durante o processo. As estacas de madeira estão sujeitas à ataques de microrganismos e decomposições, e por isto são geralmente usadas em ambientes em que não há oscilação do nível de água, mas também podendo ser empregadas acima do lençol freático, desde que sejam protegidas com impregnação sob pressão.

O tratamento com impregnação da estaca com produtos químicos, age como um preservativo, o que faz retardar o processo de deterioração, mas não evita completamente. O que reforça o fato de que este tipo de fundação para estruturas permanentes deve estar numa profundidade onde fiquem permanentemente abaixo nível de agua. Além de que deve ser considerado a probabilidade do rebaixamento progressivo deste nível em setores urbanizados, onde há uma drenagem subsuperficial maior e a utilização destas aguas subterrâneas, afinal, os custos com reforços de fundações que podem ocorrer caso haja o apodrecimento das estacas são muito onerosos.

Como evidenciado no presente trabalho, as estacas de madeira funcionam com atrito lateral, mas também podem trabalhar com resistência de ponta, ou com a solidariedade entre as duas. No caso de estacas de madeira que trabalham por resistência de ponta, deve-se tomar muito cuidado no processo de cravação, para não cravar demais ao tentar penetrar camadas muito compactas, podendo danificar o material. Mas este perigo pode ser reduzido no próprio processo de cravação. O peso do pilão do bate estaca deveria ser, pelo menos, igual ao peso da estaca para condições difíceis de cravação e de até 20 m e com cargas de até 600KN são usuais (MARANGON, 2009).

Devido as características mecânicas da madeira, ela resiste satisfatoriamente aos esforços de flexão que são causados pela cravação, sendo esta eficiência durante a cravação da estaca de madeira é razoavelmente baixo quando comparado com os usualmente obtidos para estacas de concreto. (MINÁ, 2005).

Não é aconselhável trabalhar com estacas de madeira em fundações de obras de arte especiais, mas podem ser empregadas apenas quando for indicado em seu projeto e for encontrado situações que satisfaçam sua conveniência para esta medida. Se este for o caso, para as fundações permanentes, deverão ser atendidas as recomendações anteriores, que é estar permanentemente abaixo do lençol freático.

Este trabalho atenta para o fato que o uso de estacas de madeira, sendo tratado e atendendo as recomendações, pode ser empregado em situações onde o solo possui alto teor de umidade, o que faz com que requeira fundações mais profundas

CONCLUSÃO

A estaca de madeira como elemento de fundação é o tipo mais antigo de estaca já utilizado, devido a sua simplicidade. No Brasil, uma das obras brasileiras mais importantes com fundações de estaca de madeira é o teatro Municipal do Rio de Janeiro, construído em 1905, onde foi utilizado 1180 estacas de madeira de lei sobre as quais fora assentado.

Apesar de muito utilizado no passado, hoje é menos comum, o que se faz necessário pesquisas sobre este material tão abundante no país, em busca melhorar os processos construtivos, podendo se tornar um material para concorrer até mesmo com estacas de concreto e aço, em regiões onde o acesso destes recursos sãos mais escassos ou de difícil acesso.

No processo de cravação é preciso atentar para não danificar as peças, e cortar o trecho onde foi danificado, recompondo, se necessário o trecho da estaca.

No Brasil, o emprego de estacas de madeira em obras de engenharia, é uma possível solução sustentável, barato e segura estruturalmente, O que vale incentivar seu estudo.

AGRADECIMENTOS

Aos amigos e familiares, pelo incentivo e confiança em mim depositados.

REFERÊNCIAS

NÁPOLES NETO, Antônio Dias Ferraz. História das fundações. In: HACHICH; FALCONI; SAES; FROTA; CARVALHO; NIYAMA (Eds). Fundações: teoria e prática. 2 ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 17-34.

VARGAS, Milton. A tecnologia na Engenharia Civil. História da Técnica e da Tecnologia no Brasil. São Paulo: EDUSP/CEETEPS, 1994. p.225-246.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1996) NBR 6122 Projeto e execução de fundações de madeira. Rio de Janeiro.

ALONSO, U. R. (2010) Exercícios de Fundações. São Paulo: Edgar Bluncher Ltda.

FURIATI, M. Classificação estrutural de peças de madeira. 1981. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1981.

MELLO, R. L. Projetar em madeira: uma nova abordagem. Dissertação (mestrado) – Universidade de Brasília, 2007.

MINÁ, A. J. S. Estudo de estacas de madeira para fundações de pontes de madeira. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2005.

PFEIL, W.; PFEIL M. Estruturas de madeira. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

PARTEL. PRISCILA, M.P. (1999). Sistemas Estruturais e Construtivos Utilizando Madeira Roliça de Reflorestamento. São Carlos. 180 pg. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

MARANGON, Márcio. Escolha do tipo de fundações profundas. Núcleo de Geotecnia – Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF.