



ANÁLISE DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM EQUIPAMENTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE DE CURITIBA

NOISE LEVEL ANALISYS IN CIVIL CONSTRUCTION EQUIPAMENTS IN CURITIBA CITY

Patrícia Perretto Rodrigues

Arquiteta e Especialista em Eng. e Segurança do Trabalho

Av. Sete de Setembro, 3165 - Curitiba - Paraná

Fone: (41) 8414 9484

E-mail: arq_patyrodrigues@yahoo.com.br

Rodrigo Eduardo Catai

Professor Adjunto, Dr.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UTFPR – Campus Curitiba

Sete de Setembro, 3165 - Campus Curitiba - Paraná

Fone: (41) 3310 4607

E-mail: catai@utfpr.edu.br

Rafael Antonio Agnoletto

Mestrando em Engenharia Civil

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UTFPR – Campus Curitiba

Fone: (45) 9134 0716

E-mail: rafengenheiro@hotmail.com

Marcos Roberto da Cruz Ferreira

Graduando em Engenharia de Produção Civil

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento Acadêmico de Construção Civil

Fone: (41) 3310 4598

E-mail: marcosrcferreira@yahoo.com.br

Igor José Boruchok Gudeiki

Graduando em Engenharia de Produção Civil

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento Acadêmico de Construção Civil

Fone: (41) 3310 4598

E-mail: igorboruchok@gmail.com

Adalberto Matoski

Professor Adjunto, Dr.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UTFPR – Campus Curitiba

Sete de Setembro, 3165 - Campus Curitiba - Paraná

Fone: (41) 3310 4598

E-mail: adalberto@utfpr.edu.br



RESUMO

As condições de trabalho da construção civil possibilitam situações de risco e dentre os vários problemas do setor tem-se os altos níveis de ruídos dentro dos canteiros de obras. Neste artigo foram caracterizados os níveis de ruído equivalentes gerados pelos equipamentos de construção em três canteiros de obra na cidade de Curitiba - PR. Os equipamentos escolhidos para o monitoramento foram: betoneiras, bate-estacas e serras circulares. Avaliou-se a exposição dos trabalhadores por tarefa executada e calculou-se a dose de exposição diária, o nível de exposição e o nível de pressão sonora correspondente ao limite de tolerância e ao nível de ação. Os riscos foram determinados e comparados com os níveis de atuação recomendados para as ações de controle. Todas as medições, cálculos e comparações basearam-se na norma NR-15 do Ministério do Trabalho e NHO-01 da Fundacentro. Como resultado verificou-se que para as betoneiras estudadas não houve a caracterização de insalubridade. Para as serras circulares, em duas delas, o agente ruído foi classificado como inaceitável, sendo necessárias ações de controle. Já os bate-estacas analisados produziram níveis de ruído acima do aceitável, sendo necessárias ações de controle variando de urgente a imediato.

Palavras-chave: Construção civil, Ruído, Máquinas e equipamentos, Canteiros de obras.

ABSTRACT

The work conditions of civil construction are still able of making a lot of work risk situations, among them, the noise level at the builder's yard. In this article were raised the equivalent noise level derived from the main noise generators machines, in three different construction sites in Curitiba. The chosen machines for the analysis were the concrete mixer, the pile-driver and the circular saw. It was evaluated the exposition of the workers for executed tasks and was calculated the dose of daily exposition, the exposition level and the sound pressure level corresponding to the tolerance limit and the action level. All the measures, calculations and comparisons had been based on the NR-15 and NHO-01 norms. As results, could be verified that for the concrete mixers analyzed there were no insalubrities characterized. For two of the circulars saws, the noise level was classified as unacceptable, and control actions are necessary then. The noise level of the analyzed pile-driver was above de acceptable, and control actions are immediately necessary

Key-words: Civil construction, Noise, Machines and equipments, Construction site.

1 INTRODUÇÃO

Nas economias regionais e nacionais o papel da construção civil no setor produtivo é extremamente importante, sendo responsável pela construção de toda a infra-estrutura necessária ao desenvolvimento do país (obras públicas, saneamento, habitações, obras viárias, indústrias) e pela geração de um número significativo de emprego principalmente nas



camadas carentes da população Brasileira. Calcula-se, atualmente, que mais de 5 milhões de trabalhadores estão inseridos em trabalhos nas várias subcategorias desse setor (IBGE, 2000).

No Brasil, a indústria da construção civil sempre foi alvo de críticas em todos os âmbitos, sendo estas fundamentadas em vários indicadores, dados coletados e em simples observações. Os indicadores econômicos em geral apontam vantagens desse setor para a população, porém, as condições de trabalho apresentam-se como uma realidade preocupante em relação ao campo da saúde ocupacional.

Esse setor da economia é considerado um dos setores mais perigosos em todo o mundo, liderando as taxas de acidentes de trabalho. O trabalho é desenvolvido sob a influência de agentes físicos e um grande número de acidentes está relacionado às más condições de segurança dos canteiros de obra, a falta ou uso inadequado de equipamentos de proteção individual (EPIs), a falta de treinamento, a pouca instrução dos trabalhadores e também pelo próprio ritmo desgastante do trabalho. As razões apontadas para a ocorrência dos problemas de saúde são o grande número de riscos ocupacionais envolvidos, como o trabalho em grandes alturas, o manejo de máquinas, equipamentos e ferramentas, instalações elétricas, uso de veículos automotores, posturas anti-ergonômicas, além de estresse devido à transitoriedade e a alta rotatividade de funcionários.

Os trabalhadores da Construção Civil, na maioria das atividades, não encontram proteção adequada à sua saúde e integridade física e dentre os principais problemas relatados no setor aparecem os efeitos causados pelo ruído excessivo dos equipamentos que rotineiramente são utilizados nos canteiros de obra. Pode-se citar a perda auditiva, dificuldade na comunicação, estresse, falta de concentração e até mesmo desordens físicas e psíquicas. E os danos causados não são adequadamente avaliados e existem razões econômicas sociais e técnicas que dificultam esta avaliação nesse setor da economia (MAIA, 2001).

Dentre as justificativas para a realização desse trabalho pode-se citar a irreversibilidade das perdas auditivas geradas pelo ruído, os efeitos dessa doença ocupacional sobre a qualidade de vida dos funcionários e os efeitos sobre a sociedade, responsável por arcar com o ônus de aposentadorias precoces e indevidas.

Este artigo teve como objetivo analisar os níveis de ruído dentro de canteiros de obras de três diferentes equipamentos em três obras distintas na cidade de Curitiba - PR, e expor os valores de ruído encontrados, a dose de ruído os quais os trabalhadores estão expostos bem como apresentar as ações recomendadas para cada caso analisado.



2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Panorama atual da construção civil

A construção civil apresenta várias peculiaridades que refletem uma estrutura dinâmica, complexa e com alto grau de risco inerente as atividades desenvolvidas. Considerada como fonte de empregos diretos e indiretos e como consumidora de produtos intermediários e finais originados de outros setores da economia (ANDRADE, 2004).

Uma de suas principais características é a descentralização das atividades produtivas devido ao caráter nômade, em que os produtos gerados pelas empresas são únicos, o que leva à execução de projetos singulares, com especificidades técnicas diferenciadas para cada empreendimento a ser realizado. Outra característica é a descontinuidade das atividades produtivas. Há uma intensa fragmentação da produção em etapas e fases predominantemente sucessivas que se faz presente em todos os seus subsetores e contrasta com os processos contínuos da indústria de transformação (MAIA, 2001).

Segundo a estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2000), realizado em seis regiões metropolitanas do Brasil, o setor da construção civil absorve 6,8% da mão-de-obra nacional. O operário é valorizado pela experiência adquirida em sua trajetória no mercado de trabalho. Grande parte dos trabalhadores possui reduzida qualificação profissional contribuindo assim para disseminar baixos padrões de remuneração salarial considerando os diversos ramos da indústria. Os trabalhadores freqüentemente se submetem a realização de horas extras ou a adoção do regime de tarefas. Quanto à importância social do setor, deve-se à grande absorção da mão-de-obra e ao desenvolvimento econômico que proporciona ao país por meio de obras de infra-estrutura. Assim, contribui de forma significativa para a diminuição do índice de desemprego no país (MAIA, 2001).

A construção civil é considerada como “pulmão da economia,” pois é um dos setores mais sensíveis às mudanças econômicas. Sua participação decresce nos períodos recessivos e seu crescimento é maior que a média do país em épocas de expansão (IPEA, IBGE e FGV-Consult, 2005).

Embora os indicadores apontem vantagens em geral, as condições de trabalho na construção civil são preocupantes. Apresenta um grande número de acidentes e o trabalho geralmente é desenvolvido sob a influência de agentes físicos como: calor, vibrações, ruídos, radiações e agentes químicos. Os efeitos desses agentes acarretam em várias doenças



profissionais e uma delas é a deficiência auditiva, em diferentes níveis, adquirida por operários em virtude da exposição ao ruído nos canteiros de obras (ANDRADE, 2004).

2.2 Ruído

Para Lida (2005), fisicamente, o ruído é uma mistura de vibrações, medidas em uma escala logarítmica, em uma unidade chamada decibel (dB). Acima do limiar da percepção dolorosa podem-se produzir danos ao aparelho auditivo. A seguir serão apresentadas definições importantes para melhor compreensão da referida temática no estudo em questão.

2.2.1 Intensidade sonora

A intensidade sonora medida em decibel (dB) é definida como nível de intensidade sonora (NIS) e refere-se à relação logarítmica entre a intensidade sonora em questão e a intensidade de referência. Matematicamente escreve-se de acordo com a Equação 1 e 2 (GERGES, 2000).

$$\text{NIS} = 10 \cdot \log \frac{I}{I_{\text{ref}}} (\text{decibel} - \text{dB}) \quad (1)$$

ou

$$\text{NIS} = \log \frac{I}{I_{\text{ref}}} (\text{Bel} - B) \quad (2)$$

onde: I a intensidade sonora de um som, e $I_{\text{ref}} = 10^{-16} \text{ W/cm}^2$.

2.2.2 Pressão sonora e nível de pressão sonora (NPS)

Segundo Gerges (2000) a intensidade acústica é proporcional ao quadrado da pressão acústica, então o nível de pressão sonora que é dado pela Equação 3.

$$\text{NPS} = 20 \log \frac{P}{P_0} (\text{decibel} - \text{dB}) \quad (3)$$

Esta fórmula expressa a relação entre a pressão real e a de referência ($P_0 = 0,00002 \text{ N/m}^2$, correspondente ao limiar da audição em 1000 Hz).

2.2.3 Dose de exposição ao ruído ocupacional

A capacidade de causar danos à audição não depende somente do seu nível, mas depende também do tempo de duração (GERGES, 2000).



Segundo a NHO-01, dose (D) é um parâmetro para caracterização da exposição ocupacional ao ruído expresso em porcentagem de energia sonora. Serve de índice diário de exposição e tem por referência o valor máximo de energia sonora diária permitida (BRASIL, 2001).

De acordo com a NR-15 a dose pode ser calculada pela Equação 4:

$$D = (C_1/T_1) + (C_2/T_2) + (C_3/T_3) + \dots + (C_n/T_n) \quad (4)$$

onde: C_n é o tempo total que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico; T_n é a duração máxima da exposição diária permissível a esse nível, segundo a NR-15 Anexo nº 1 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente (BRASIL, 2006b).

2.2.4 Nível de exposição

Outro parâmetro para caracterização da exposição ocupacional ao ruído é o nível de exposição equivalente (Neq), em dB(A). O Neq expressa um nível virtual contínuo (não variável com o tempo) que tem efeito lesivo equivalente ao conjunto dos níveis reais encontrados (MAIA, 2001). A NHO-01 define Nível de Exposição (NE) como o nível médio representativo da exposição ocupacional diária (BRASIL, 2001). A Equação 5 calcula o nível de exposição.

$$NE = Neq = 85 + N \times \log [(D \times 480) / t] \quad (5)$$

onde: D é a dose de exposição diária; t é o tempo em minutos; N é um índice que para a NR-15 vale $N = 16,6096$ e para a NHO-01 vale $N = 10$.

2.2.5 Nível de Ação

Para a NHO-01, nível de ação é o nível sonoro abaixo do qual há pouco risco de dano auditivo em consequência da exposição de duração de oito horas por dia, acima desse valor devem ser iniciadas ações preventivas (BRASIL, 2001).

A NR-9 fornece a definição de nível de ação como sendo o valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição. As ações devem incluir o monitoramento periódico da exposição, a informação aos trabalhadores e o controle médico. Ainda da NR-9, para ruído, a dose superior a 0,5 (dose superior a 50%) deve ser objeto das ações preventivas (BRASIL, 2006a).



3 METODOLOGIA

Primeiramente fez-se uma pesquisa de campo na cidade de Curitiba/PR para identificar possíveis obras da construção civil a serem analisadas considerando os equipamentos, objetos do referido estudo. Para tanto foram analisados os equipamentos existentes em 3 obras de construção civil do referido município. Em cada uma destas obras analisou-se uma betoneira, uma serra circular e um bate-estaca. Estes equipamentos foram escolhidos após uma análise preliminar realizada, que mostrou a problemática destes equipamentos quanto aos níveis de ruído gerados. Buscou-se padronizar o estudo, analisando sempre equipamentos semelhantes nas diferentes obras.

As medições de ruído foram realizadas próximas ao ouvido do trabalhador que utilizava o equipamento. Para a mensuração da medição global fez-se uso de um decibelímetro da marca Instrutherm, modelo DEC-5010, fabricado conforme norma ANSI S1.4, IEC-651 e IEC-804. Utilizou-se também um calibrador acústico do mesmo fabricante modelo CAL – 3000, para aferição do decibelímetro antes e a após cada medição. Ambos os equipamentos possuíam certificados de calibração.

A metodologia de medição do ruído baseou-se na NR-15 e NHO-01. Destaca-se que foi medido o tempo total durante a jornada de trabalho em que o trabalhador ficava exposto a cada nível de ruído específico, caracterizando cada ciclo de exposição para posterior cálculo da dose de exposição diária de ruído a qual o trabalhador estava exposto.

Após todos os dados coletados foram comparados os resultados com os limites de tolerância do Anexo nº 1 (Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente), da NR-15 e também conforme a Tabela 1 (Tempo Máximo Diário de Exposição Permissível em Função do Nível de Ruído) da NHO-01.

A metodologia adotada para classificação dos riscos de ruído foi a seguinte:

Risco grave e iminente – nível de pressão sonora cima de 115 dB(A);

Risco grave – nível de pressão sonora acima de 100 dB(A) e abaixo de 115 dB(A);

Risco médio – nível de pressão sonora entre 85 dB(A) e 100 dB(A);

Risco leve – nível de pressão sonora acima de 80 dB(A) e abaixo de 85 dB(A).

Os resultados encontrados foram posteriormente comparados com os apresentados na Tabela 1.



Tabela 1: Interpretação e adequação dos resultados

Valor da dose	Situação da Exposição	Consideração técnica da situação	Nível de atuação recomendado para as ações de controle
0,1 a 0,5	Aceitável	-----	Desejável, não prioritária
0,6 a 0,8	Aceitável	Atenção	De rotina
0,9 a 1,0	Temporariamente aceitável	Séria	Preferencial
1,1 a 3,0	Inaceitável	Crítica	Urgente
Acima de 3,1	Inaceitável	Emergência	Imediata
Qualquer, havendo níveis individuais acima de 115 dB(A)	Inaceitável, recomenda-se interromper a exposição	Emergência	Imediata

Fonte: Santos e Silva (2000)

Após a medição do ruído para os três equipamentos, calculou-se a dose de ruído para cada posto de trabalho, os níveis de exposição e ações recomendados para cada equipamento e fez-se ainda algumas recomendações e análises pertinentes.

4 RESULTADOS

Os resultados são apresentados na forma de Tabelas. Para facilitar o entendimento as 3 obras da construção civil do referido estudo foram identificadas pelas letras “a”, “b” e “c”. Ressalta-se que cada equipamento teve seu ciclo de tarefa (trabalho) dividido, considerando para a betoneira enchimento, mistura e descarregamento; preparo, corte e montagem para a serra circular; e máquina desligada, movimentação e cravação da estaca para o bate-estacas.

4.1 Betoneiras

O ruído das betoneiras depende principalmente das condições de instalação, da potência, da capacidade volumétrica, do nível de carga (vazia, meia carga, cheia), do material trabalhado, da manutenção, entre outros aspectos. A radiação sonora é emitida pelo conjunto



motor/redutor e pelos impactos dos agregados com o corpo ou parede da cuba de mistura. As betoneiras analisadas possuíam todas a mesma capacidade de produção.

Os resultados encontrados para as três betoneiras estão dispostos na Tabela 2, que apresenta ainda o tempo máximo de exposição diário a ruído permitido para a jornada de trabalho, segundo a NR-15 e NHO-01. Destaca-se que cada valor médio de ruído apresentado na Tabela 2 é referente a uma média de 5 medições.

De acordo com a Tabela 2, em dias de concretagem, a betoneira da obra “a” ficava ligada durante 360 minutos já descontando as pausas. O ciclo de trabalho era encher, misturar (bater) o concreto e descarregar, o que durava aproximadamente 25 minutos. Os níveis de ruído para esta betoneira, no momento em que ocorria a mistura do concreto teve uma média de 91,9 dB(A). Considerando o valor encontrado, observa-se que o mesmo ultrapassa o limite de tolerância de 85 dB(A) para a exposição máxima de 8 horas durante a jornada de trabalho conforme o Anexo nº 1 da NR-15 e também conforme a Tabela 1 da NHO-01.

Para a betoneira da obra “b”, o ciclo de trabalho evidenciado foi o mesmo, porém o tempo total diário em que a máquina ficava ligada foi de 400 minutos, descontando-se as pausas. O ciclo durou 32 minutos e os níveis de ruído ficaram mais baixos se comparados com a betoneira da obra “a”, alcançando o valor médio de 87,88 dB(A), durante a mistura do concreto.

No caso da betoneira da obra “c”, o ciclo de trabalho foi o mesmo e apresentou um tempo de 30 minutos, ficando a máquina ligada durante 320 minutos do dia, descontando-se as pausas. O nível médio de ruído durante a mistura do concreto foi de 91,08 dB(A), bem próximo ao da obra “a” e no descarregamento do material o nível de ruído obtido (90 dB(A)) foi maior do que das outras duas betoneiras, ver Tabela 2 abaixo.



Tabela 2: Resultados referentes às betoneiras das três obras analisadas no município de Curitiba em 2006.

Máquina	Ciclo da tarefa	Nível de ruído médio observado dB(A)	Tempo efetivo de exposição (C_n) para cada tarefa do ciclo (min)	Tempo total de exposição descontando as pausas (min)	Tempo de exposição (T_n) diária permissível pela NR-15 (min)	Tempo de exposição (T_n) diária permissível pela NHO-01 (min)
Betoneira da obra "a"	enchimento	66,90	5	360	-	-
	mistura	91,90	10		180	95,24
	descarregamento	89,80	10		240	151,19
Betoneira da obra "b"	enchimento	64,07	7	400	-	-
	mistura	87,88	15		300	240,00
	descarregamento	85,00	10		480	480,00
Betoneira da obra "c"	enchimento	62,20	5	320	-	-
	mistura	91,08	15		180	95,24
	descarregamento	90,00	10		240	151,19

Considerando os valores pontuais dos níveis de ruído, no momento em que o concreto era misturado, estes ultrapassaram o limite de tolerância de 85 dB(A) para a exposição máxima de 8 horas durante a jornada de trabalho conforme os limites da NR-15 e também conforme a NHO-01. Ressalta-se que durante o descarregamento das máquinas, os valores de ruído obtidos também foram preocupantes. Destaca-se que durante o enchimento das betoneiras, as mesmas permaneciam desligadas e durante o descarregamento e mistura do concreto, estas permaneciam ligadas. Ressalta-se que nenhum valor dos níveis de ruído constantes na Tabela 2 ultrapassou os 115 dB(A), valor estabelecido como limite na NR-15 para risco grave e iminente.

A Tabela 3 apresenta os cálculos da dose, níveis de exposição e ação referentes às betoneiras analisadas.



Tabela 3: Cálculos das doses, níveis de exposição e ação referentes às betoneiras das três obras analisadas no município de Curitiba em 2006.

Máquina	Norma	Dose de exposição diária (C_n/T_n)	Nível de exposição (NE) em dB(A)	NPS relativo ao limite de tolerância, Dose = 1 dB(A)	NPS relativo ao nível de ação, Dose = 0,5 dB(A)
Betoneira da obra "a"	NR-15	0,13	72,34	87,08	82,08
	NHO-01	0,23	79,83	86,25	83,24
Betoneira da obra "b"	NR-15	0,09	68,53	86,32	81,32
	NHO-01	0,10	75,79	85,79	82,78
Betoneira da obra "c"	NR-15	0,19	75,85	87,92	82,92
	NHO-01	0,34	82,02	86,76	83,75

A Tabela 4 apresenta os pareceres quanto à classificação dos riscos para as betoneiras analisadas bem como algumas recomendações.

Tabela 4: Pareceres quanto às três betoneiras das três obras analisadas no município de Curitiba em 2006.

Máquina	Norma	Agente ruído	Classificação dos riscos	Nível de atuação recomendado para as ações de controle
Betoneira da obra "a"	NR-15	aceitável	sem risco	desejável, não prioritária
	NHO-01	aceitável	sem risco	desejável, não prioritária
Betoneira da obra "b"	NR-15	aceitável	sem risco	desejável, não prioritária
	NHO-01	aceitável	sem risco	desejável, não prioritária
Betoneira da obra "c"	NR-15	aceitável	sem risco	desejável, não prioritária
	NHO-01	aceitável	leve	desejável, não prioritária

Observa-se na Tabela 3 que o NE mais alto foi o da betoneira da obra "c" com 75,85 dB(A) de acordo com a NR-15 e conforme a NHO-01 foi de 82,02 dB(A). Calculando-se a dose (D) de ruído equivalente a qual o indivíduo está exposto, obtêm-se como maior valor 0,19 para a NR-15 e 0,34 para a NHO-01. Já na tabela 4 pode-se observar que quanto a classificação de riscos as betoneiras não apresentaram riscos significativos podendo classificá-las como aceitáveis.



De acordo com os resultados encontrados concluiu-se que os operadores das betoneiras estudadas estão submetidos a valores de doses de ruído aceitáveis, sendo que o nível de atuação recomendado para as ações de controle são desejáveis, porém não prioritários. Nestes casos, não é necessário a utilização de protetores auriculares e não se faz necessário nenhuma ação preventiva contra o ruído, desde que em atendimento à NR-9 item 9.3.6, cujos pareceres estão descritos na Tabela 4. Assim, as tarefas executadas nas betoneiras analisadas atendem à NR-15 e NR-9, não podendo ser consideradas insalubres. Atenderam também aos valores limites da NHO-01. Destaca-se que para a betoneira “c” o risco obtido perante a NHO-01 é considerado leve, embora não seja possível considerar como um problema de insalubridade para o trabalhador.

Embora todas as betoneiras analisadas não tenham apresentado níveis de ruído em desacordo com as normas, cabe ressaltar que algumas medidas específicas de controle de ruído voltadas para betoneiras que eventualmente apresentem valores de ruído elevados são: escolher adequadamente o piso para disposição do equipamento para se evitar a transmissão da vibração à estrutura da obra; instalar estes equipamentos diretamente sobre o solo e garantir o seu nivelamento. Por sua vez, as partes móveis de transmissão das betoneiras devem ser mantidas limpas e lubrificadas e seus parafusos e porcas, devidamente apertados; proteger o motor com uma caixa de isolamento (MAIA, 2001).

4.2 Serras circulares

Quanto às serras circulares, o ruído produzido caracteriza-se pelas altas frequências que variam com o diâmetro e a velocidade de rotação do disco, o tamanho e o perfil dos dentes, o material trabalhado e o desbalanceamento do disco.

Os resultados encontrados para as três serras circulares são apresentados na Tabela 5, que apresenta também o tempo máximo de exposição diário a ruído permitido para a jornada de trabalho, segundo a NR-15 e NHO-01. Destaca-se que cada valor médio de ruído apresentado na Tabela 5 é referente a uma média de 5 medições.

De acordo com os dados da Tabela 5, o tempo total de exposição aos níveis de ruído são de 390, 440 e 350 minutos para as serras das obras “a”, “b” e “c” respectivamente. O ciclo de trabalho para as três serras era composto de preparo, corte e montagem da peça, e o tempo de cada uma destas etapas variou de acordo com os valores apresentados na Tabela 5. Verifica-se que a máquina da obra “c” foi a que levou menos tempo por ciclo. Essa diferença de tempo deve-se ao fato de que a montagem era executada por dois funcionários. Destaca-se



ainda que o tempo total de exposição do trabalhador a esta máquina era de 350 minutos, 79% mais baixo do que àquele para o equipamento da obra “b”.

Os valores máximos de ruído foram obtidos no momento de corte e foram de 102,88 dB(A), 90 dB(A) e 104,63 dB(A) para as serras das obras “a”, “b” e “c” respectivamente. Destaca-se que os valores obtidos para a serra da obra “b” foram menores provavelmente devido ao tipo de madeira que a mesma estava cortando. Para as serras das obras “a” e “c” os valores de ruído ultrapassaram o limite de tolerância de 85 dB(A) para a exposição máxima de 8 horas durante a jornada de trabalho conforme o Anexo nº 1 da NR-15 e também da NHO-01. Porém, ressalta-se que nenhum valor constante na Tabela 5 ultrapassou os 115 dB(A), valor estabelecido como limite na NR-15 para risco grave e iminente.

Tabela 5: Resultados referentes às serras circulares nas três obras analisadas no município de Curitiba em 2006.

Máquina	Ciclo da tarefa	Nível de ruído médio observado dB(A)	Tempo efetivo de exposição (C _n) para cada tarefa do ciclo (min)	Tempo total de exposição descontando as pausas, (min)	Tempo de exposição (T _n) diária permissível em minutos - NR-15	Tempo de exposição (T _n) diária permissível em minutos - NHO-01
Serra circular da obra “a”	preparo	76,17	10	390	-	-
	corte	102,88	40		35	7,50
	montagem	85,00	47,5		480	480,00
Serra circular da obra “b”	preparo	53,13	20	440	-	-
	corte	90,00	30		240	151,19
	montagem	81,00	60		-	1209,52
Serra circular da obra “c”	preparo	70,23	10	350	-	-
	corte	104,63	20		30	4,72
	montagem	82,00	20		-	960,00

A Tabela 6 apresenta os cálculos da dose, níveis de exposição e ação. Analisando-se a Tabela 6, percebe-se que o máximo nível de exposição diário de ruído permitido para a jornada de trabalho, NPS, já descontando as pausas, calculado em obediência à NR-15 foi de 89,56 dB(A) para a serra “a”, 71,56 dB(A) para a serra “b” e 99,97 dB(A) para a serra “c”. Nota-se que a serra “b” apresentou valor menor do que as demais e foi a única que ficou



abaixo dos 85 dB(A). Já de acordo com a NHO-01 o NPS mais alto foi de 94,04 dB(A) da serra “c”. A serra “b” de acordo com a NHO-01 também apresentou o NPS abaixo do limite de tolerância. Assim, pode-se concluir que na obra “b” não existe neste caso a caracterização da insalubridade por ruído, e a mesma também atende a NHO-01.

Tabela 6: Cálculos das doses, níveis de exposição e ação referentes às serras circulares nas três obras analisadas no município de Curitiba em 2006.

Máquina	Norma	Dose de exposição diária (C _n /T _n)	Nível de exposição (NE) em dB(A)	NPS relativo ao limite de tolerância, Dose = 1 dB(A)	NPS relativo ao nível de ação, Dose = 0,5 dB(A)
Serra circular da obra “a”	NR-15	1,53	89,56	86,50	81,50
	NHO-01	4,22	92,16	85,90	82,89
Serra circular da obra “b”	NR-15	0,14	71,26	85,63	80,63
	NHO-01	0,26	79,52	85,38	82,37
Serra circular da obra “c”	NR-15	5,81	99,97	87,28	82,28
	NHO-01	5,84	94,04	86,37	83,36

Já a Tabela 7 apresenta os pareceres quanto a classificação dos riscos para as serras analisadas bem como as recomendações de ações, caso sejam consideradas necessárias. A serra da obra “b” de acordo com a metodologia adotada para classificação dos riscos de ruído, apresentada na Tabela 7, foi classificada como sem risco, portanto sem a necessidade de utilização de medidas de controle do ruído. Já as serras das obras “a” e “c” apresentaram-se com os níveis acima dos limites permitidos e os riscos foram classificados como risco médio.



Tabela 7: Pareceres quanto às três serras circulares nas três obras analisadas no município de Curitiba em 2006.

Máquina	Norma	Agente ruído	Classificação dos riscos	Nível de atuação recomendado para as ações de controle
Serra circular da obra “a”	NR-15	inaceitável	médio	urgente
	NHO-01	inaceitável	médio	imediate
Serra circular da obra “b”	NR-15	aceitável	sem risco	-
	NHO-01	aceitável	sem risco	-
Serra circular da obra “c”	NR-15	inaceitável	médio	imediate
	NHO-01	inaceitável	médio	imediate

Em relação à dose de ruído equivalente a qual o indivíduo está exposto, obteve-se como maior valor 5,81 para a NR-15 e 5,84 para a NHO-01, isto para o operador da serra da obra “c”. Ressalta-se que a dose foi maior que 1, significando que o trabalhador ficou exposto a 480% a mais do que o tempo permitido em lei, sendo uma condição insalubre, pois não estava usando nenhuma medida de controle, por exemplo, protetor auricular. A serra da obra “a” também se mostrou com dose maior que 1, para a NR-15, dose de 1,53 e 4,22 pra a NHO-01. O agente ruído foi classificado, conforme apresentado na Tabela 7, como inaceitável para as serras das obras “a” e “c”, sendo necessárias ações de controle que variaram de urgentes a imediatas para a serra “a” e imediata para a serra “c”.

Os valores da dose apresentados na Tabela 6 encontram-se acima do nível de ação que é de 0,5 (NR-9), devendo ser objeto de controle sistemático. Destaca-se que para as serras “a” e “c”, foi necessário o cálculo do nível de ação, segundo a NR-9, pois diferentemente da serra “b”, o valor da dose neste caso ultrapassou 0,5, necessitando calcular o NPS relativo ao limite de tolerância, pois, para a exposição ocupacional ao ruído, devem ser adotadas medidas preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições ao ruído ultrapassem o limite.

Para a serra “a”, de acordo com os cálculos da Tabela 6, o NPS relativo ao nível de ação foi de 81,50 dB(A) e o NPS relativo ao limite de tolerância 86,50 dB(A). Com o valor do nível de ação se obteve o Nível de Redução de Ruído (NRR) no valor de 15,06 dB. Assim, em cima deste valor de NRR, conclui-se que se deve fazer um monitoramento ambiental (NR-9). Será necessário que o operador utilize o protetor auricular durante toda a jornada de trabalho que atenuie no mínimo 11,30 dB(A). Concluiu-se que a condição atual não foi de



insalubridade devido ao fato do operador já estar usando protetor auricular com atenuação dos níveis de ruído entre 22 dB(A). Para a serra da obra “c”, de acordo com os cálculos da Tabela 6, o NPS relativo ao nível de ação foi de 82,28 dB(A) e o NPS relativo ao limite de tolerância foi de 87,28 dB(A). Com o valor do nível de ação se obteve o NRR no valor de 24,69 dB(A), devendo haver um monitoramento ambiental (NR-9). Será necessário que o operador utilize o protetor auricular durante toda a jornada de trabalho que atenuie no mínimo 18,52 dB(A), visto que a condição atual foi de insalubridade pois o operador não estava usando protetor auricular para atenuar os níveis de ruído.

Também é recomendado que se façam exames audiométricos e que os resultados sejam monitorados constantemente, além de um trabalho de informação e conscientização dos funcionários.

4.3 Bate-estacas

O ruído do bate-estaca geralmente depende das condições da máquina, manutenção, do local de instalação, do volume de serviço, do material que está cravando, do tipo de solo, da altura de queda do martelo (geralmente entre 1,5 a 2,0m), do peso do martelo (varia entre 1,0 a 3,5 ton).

Os resultados encontrados para os três bate-estacas são apresentados na Tabela 8, evidenciando o tempo máximo de exposição diário a ruído permitido para a jornada de trabalho, segundo a NR-15 e NHO-01. Destaca-se que cada valor médio de ruído apresentado na Tabela 2 é referente a uma média de 8 medições.

Em relação ao bate-estaca da obra “a”, seu ciclo de tarefa constava de um período de descanso (máquina desligada), um período de movimentação até o ponto e a cravação da estaca. Ressalta-se que o local onde este bate estaca estava, era um terreno pequeno e isso dificultava muito a locomoção da máquina. A máquina cravou 7 estacas no dia da medição. Na tabela 8 tem-se a identificação do tempo do ciclo de cada tarefa que foi 65 minutos. O tempo total de exposição do trabalhador ao ruído foi de 420 minutos durante todo o dia de trabalho, já descontando as pausas. Os níveis de ruído durante a movimentação foi de 96,22 dB(A) e para a cravação foi de 101,38 dB(A). O ciclo de tarefa do bate estaca “b” constava de um período de descanso (máquina desligada), um período de movimentação até o ponto, a cravação de uma estaca, outra movimentação e mais uma cravação de outra estaca. Eram cravadas 2 estacas por ciclo de trabalho. Frisa-se que o local onde este bate estaca estava era mais amplo que o bate-estaca “a”, dando boas condições de movimentação do equipamento.



De acordo com a Tabela 8 tem-se que o ciclo de cada tarefa foi de 80 minutos, ou seja, 15 minutos mais demorado que o primeiro, porém a cravação foi de duas estacas por ciclo. O tempo total de exposição do trabalhador ao ruído foi de 390 minutos durante todo o dia de trabalho, já descontando as pausas. Foram cravadas 12 estacas no período de um dia de trabalho. Os níveis de ruído durante o período de movimentação e arraste da estaca foi de 96,46 dB(A) e para a cravação foi de 101,20 dB(A).

Tabela 8: Resultados referentes aos bate-estacas nas três obras analisadas no município de Curitiba em 2006.

Máquina	Ciclo da tarefa	Nível de ruído médio observado dB(A)	Tempo efetivo de exposição (C_n) para cada tarefa do ciclo, (min)	Tempo total de exposição descontando as pausas, (min)	Tempo de exposição (T_n) diária permissível em min. - NR-15	Tempo de exposição (T_n) diária permissível em min. - NHO-01
Bate-estaca da obra "a"	máquina desligada	54,68	5	420	-	-
	movimentação	96,22	35		75	30,00
	cravação da estaca	101,38	25		45	9,44
Bate-estaca da obra "b"	máquina desligada	60,16	15	390	-	-
	movimentação	96,46	25		75	30,00
	cravação da estaca	101,2	40		45	9,44
Bate-estaca da obra "c"	máquina desligada	58,57	15	325	-	-
	movimentação	94,91	20		120	47,62
	cravação da estaca	99,01	45		60	15,00

Em relação ao bate-estaca da obra "c", o ciclo de tarefa constava de um período de descanso (máquina desligada), um período de movimentação até o ponto, a cravação de uma



estaca, outra movimentação e mais uma cravação de outra estaca. Da mesma forma que o bate-estaca “b”, eram cravadas 2 estacas por ciclo de trabalho (duas estacas bem próximas). O local onde este bate estaca estava era um terreno ruim, com locomoção mais difícil e mais demorada que os outros dois equipamentos. A demora também se deve ao fato de que com apenas um ajudante o operador da máquina precisava também fazer as duas tarefas quando necessário (a de ajudante e operador). A máquina cravou 10 estacas no dia da medição dos níveis de ruído. Tem-se que o ciclo de cada tarefa foi de 80 minutos, de acordo com a Tabela 8, 15 minutos mais demorado que o primeiro e o mesmo tempo que o segundo. O tempo total de exposição do trabalhador ao ruído foi de 325 minutos durante todo o dia de trabalho, já descontando as pausas. Foi o menor tempo de exposição comparado com os outros bate-estacas analisados. Os níveis de ruído durante o período de movimentação e arraste da estaca foi de 94,91 dB(A) e para a cravação foi de 99,01 dB(A).

Ainda de acordo com a Tabela 8 percebe-se que na atividade de cravação da estaca os níveis de ruído variaram de 99,01 dB(A) no bate-estaca “c” até 101,38 dB(A) no bate-estaca “a”. Assim, em todas as obras os valores ultrapassaram o limite de tolerância de 85 dB(A) para a exposição máxima de 8 horas durante a jornada de trabalho conforme o Anexo 1 da NR-15 e também conforme a NHO-01.

A Tabela 9 apresenta os cálculos da dose, níveis de exposição e ação. Percebe-se que o máximo nível de exposição diário a ruído permitido para a jornada de trabalho, NPS, já descontando as pausas, calculado em obediência à NR15 foi de 90,00 dB(A) para o bate-estaca “c”, 89,44 dB(A) para o bate-estaca “b” e 87,08 dB(A) para o bate-estaca “a”. Nota-se que nenhum dos equipamentos ficou com os níveis abaixo dos 85 dB(A). Já de acordo com a NHO-01 o NPS mais alto foi de 93,73 dB(A) do bate-estacas da obra “c”. Nota-se também que a NHO-01 é mais restritiva do que a NR-15 e tem um limite de tolerância mais baixo do que a NR-15 acima do NPS de 85 dB(A). Pode-se concluir que em todas as obras poderia ser caracterizada insalubridade por ruído se o operador não estivesse usando nenhuma medida de controle como o uso de protetor auricular.

Analisando os dados da Tabela 9 nota-se que os valores da dose apresentaram-se acima do nível de ação que é de 0,5 (NR-9), devendo ser objeto de controle sistemático.



Tabela 9: Cálculos das doses, níveis de exposição e ação referentes aos bate-estacas nas três obras analisadas no município de Curitiba em 2006.

Máquina	Norma	Dose de exposição diária (C_n/T_n)	Nível de exposição (NE) em dB(A)	NPS relativo ao limite de tolerância, Dose = 1 dB(A)	NPS relativo ao nível de ação, Dose = 0,5 dB(A)
Bate-estaca da obra "a"	NR-15	1,17	87,08	85,96	80,96
	NHO-01	4,36	91,97	85,58	82,57
Bate-estaca da obra "b"	NR-15	1,50	89,44	86,50	81,50
	NHO-01	6,24	93,85	85,90	82,89
Bate-estaca da obra "c"	NR-15	1,35	90,00	87,81	82,81
	NHO-01	5,05	93,73	86,69	83,68

A Tabela 10 os pareceres quanto a classificação dos riscos para os bate-estacas analisados bem como as recomendações de ações, consideradas necessárias. De acordo com a metodologia adotada para classificação dos riscos de ruído, em todas as obras, o ruído foi classificado como risco médio.

Tabela 10: Pareceres quanto os três bate-estacas nas três obras analisadas no município de Curitiba em 2006.

Máquina	Norma	Agente ruído	Classificação dos riscos	Nível de atuação recomendado para as ações de controle
Bate-estaca da obra "a"	NR-15	inaceitável	médio	urgente
	NHO-01	inaceitável	médio	imediate
Bate-estaca da obra "b"	NR-15	inaceitável	médio	urgente
	NHO-01	inaceitável	médio	imediate
Bate-estaca da obra "c"	NR-15	inaceitável	médio	urgente
	NHO-01	inaceitável	médio	imediate



Em relação à dose de ruído equivalente ao qual o indivíduo está exposto, obteve-se como maior valor 1,50 para a NR-15 e 6,24 para a NHO-01, do operador do bate-estaca da obra “b”. Ressalta-se que a dose foi maior que um, significando que o trabalhador ficou exposto a 50% a mais do tempo permitido em lei. Os bate-estacas das obras “a” e “c” também se mostraram com dose maior que um, ou seja, 1,17 e 1,35 respectivamente. Caracterizando 17% e 35% a mais do que é permitido na norma. Assim, o ruído foi classificado, como inaceitável para todos os bate-estacas analisados, sendo necessárias ações de controle variando de urgente, para a NR-15, a imediato, para a NHO-01.

Destaca-se que para todos os equipamentos foi necessário o cálculo do nível de nível de ação, segundo a NR-9, pois o valor da dose nestes casos ultrapassou 0,5. Fez-se necessário também o cálculo do NPS relativo ao limite de tolerância, pois, para a exposição ocupacional ao ruído, devem ser adotadas medidas preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições ao ruído ultrapassem o limite de tolerância.

O bate-estaca “a”, de acordo com os cálculos apresentados na Tabela 9, para a NR-15, foi de 80,96 dB(A) o NPS relativo ao nível de ação e 85,96 dB(A) o NPS relativo ao limite de tolerância. Com o valor do nível de ação e se obteve o NRR no valor de 13,12 dB(A). Assim, considerando o valor apresentado para a NRR, conclui-se que se deve fazer um monitoramento ambiental (NR-9). Será necessário que o operador utilize o protetor auricular durante toda a jornada de trabalho que atenuie no mínimo 9,84 dB(A). Será necessário também que os dois trabalhadores que atuam como ajudantes também utilizem o mesmo protetor auricular, para a mesma atenuação de ruído toda a jornada de trabalho.

O bate-estaca “b”, para a NR-15, de acordo com os cálculos apresentados na Tabela 9 o NPS relativo ao nível de ação foi de 81,50 dB(A) e o NPS relativo ao limite de tolerância foi de 86,50 dB(A). Com o valor do nível de ação e se obteve o NRR no valor de 14,94 dB(A). Assim, em cima deste valor de NRR, conclui-se que se deve fazer um monitoramento ambiental (NR-9). Será necessário que o operador utilize o protetor auricular durante toda a jornada de trabalho que atenuie no mínimo 11,21 dB(A). Será necessário também que os dois ajudantes façam uso do mesmo protetor auricular, para que ocorra a mesma atenuação de ruído, e por toda a jornada de trabalho.

O bate-estaca “c”, para a NR-15, de acordo com os cálculos apresentados na Tabela 9 o NPS relativo ao nível de ação foi de 82,81 dB(A) e o NPS relativo ao limite de tolerância foi de 87,81 dB(A). Com o valor do nível de ação e se obteve o NRR no valor de 14,19 dB(A). Assim, em cima deste valor de NRR, conclui-se que se deve fazer um monitoramento



ambiental (NR-9). Será necessário que o operador utilize o protetor auricular durante toda a jornada de trabalho que atenuie no mínimo 10,65 dB(A). Será necessário que o ajudante também utilize o referido protetor auricular, para a mesma atenuação de ruído e durante toda a jornada de trabalho.

5 CONCLUSÕES

Nas três obras analisadas os valores pontuais de ruído ultrapassaram o limite de tolerância de 85 dB(A) para a exposição máxima de 8 horas durante a jornada de trabalho conforme o Anexo 1 (Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente), da NR-15 e também conforme a Tabela 1 (Tempo Máximo Diário de Exposição Permissível em Função do Nível de Ruído), da NHO-01. Ressalta-se que nenhum valor medido e calculado ultrapassou os 115 dB(A), valor estabelecido como limite na NR-15 para risco grave e iminente, sem proteção adequada, e também estabelecido como limite de exposição valor teto na NHO-01.

Para as betoneiras estudadas os valores apresentaram-se dentro dos limites de tolerâncias de ambas as normas, sem a caracterização de insalubridade. Apresentaram-se sem riscos e em um dos casos com risco leve considerando a NHO-01 (82,02 dB(A)). Conclui-se também que os operadores das betoneiras analisadas estão submetidos a valores de doses de ruído aceitáveis, sendo que o nível de atuação recomendado para as ações de controle estão com níveis desejáveis, porém não prioritários. Assim, as tarefas executadas nas betoneiras atenderam à NR-15 e NR-9, não sendo insalubres. Atenderam também aos valores limites da NHO-01.

De acordo com os dados conseguidos á campo para as serras circulares, pode-se concluir que na obra “b” não existiu a caracterização da insalubridade por ruído e também atendeu a NHO-01. A serra da obra “b” foi classificada como sem risco sonoro, portanto sem a necessidade de utilização de medidas de controle do ruído. Já as serras das obras “a” e “c” apresentaram-se com os níveis acima dos limites de tolerância permitidos e os riscos foram classificados como risco médio. Em relação à dose de ruído equivalente a qual o indivíduo está exposto, concluiu-se que a serra da obra “a” mostrou-se com dose maior que 1 (um) para a NR-15 e também acima dos 100% estabelecido na NHO-01. O agente ruído foi classificado como inaceitável para as serras da obra “a” e “c”, sendo necessárias ações de controle variando de urgente a imediato para a serra “a” e imediata para a serra “c”. Para a serra circular “a” conclui-se que se deve fazer um monitoramento ambiental (NR-9).



Pode-se concluir que nas três obras da construção civil analisadas, os bate-estacas produziram níveis de ruído acima do aceitável. De acordo com a metodologia adotada para classificação dos riscos de ruído, os bate-estacas analisados foram classificados como de risco médio, em relação à dose de ruído equivalente a qual o indivíduo está exposto, visto que se obteve dose maior que 1 (um). O agente ruído foi classificado como inaceitável para todos os bate-estacas analisados, sendo necessárias ações de controle variando de urgente, para a NR-15, a imediato, para a NHO-01. Percebe-se também que os valores da dose para os bate-estacas apresentaram-se acima do nível de ação que é de 0,5 (NR-9), devendo ser objeto de controle sistemático. Destaca-se que para todos os equipamentos foi necessário o cálculo do nível de nível de ação, segundo a NR-9, pois os valores de dose ultrapassaram 0,5. O cálculo do NPS relativo ao limite de tolerância apresentou-se como necessário pois, para a exposição ocupacional ao ruído, devem ser adotadas medidas preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições ao ruído ultrapassem o limite de tolerância.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Stella Maris Melazzi. **Metodologia para Avaliação de Impacto Ambiental Sonoro da Construção Civil no Meio Urbano**. Rio de Janeiro, 2004. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Disponível em: <http://www.coc.ufrj.br/teses/doutorado/inter/2004/Teses>. Acesso: 10 dez. 2006.
- BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma de Higiene Ocupacional - NHO 01 - Avaliação da exposição ocupacional ao ruído**, FUNDACENTRO, 2001.
- BRASIL, Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora NR-9**. Manual de Legislação Atlas. 59ª. Edição, 2006a.
- BRASIL, Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora NR-15**. Manual de Legislação Atlas. 59ª. Edição, 2006b.
- GERGES, Samir. N. Y. **Ruído. Fundamentos e Controle**. 2ª edição. Florianópolis: Editora Imprensa Universitária UFSC, 2000.
- IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 2ª edição rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.



INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estatísticas da Construção Civil**. Rio de Janeiro: 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 02 nov. 2006.

IPEA, IBGE e FGV-Consult. **Informalidade na Construção Civil**. Conjuntura da Construção, Ano 3, N. 3, Setembro de 2005. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/constructnumeros2.asp>. Acesso em: 03 dez. 2006.

MAIA, Paulo Alves. **Estimativa de exposições não contínuas a ruído: Desenvolvimento de um método e validação na Construção Civil**. Campinas: 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: http://www.fundacentro.gov.br/CTN/teses_conteudo.asp?retorno=137. Acesso em: 06 set. 2006.

SANTOS, C. A. C.; SILVA, P. R. P. **Ruído Industrial – Causas e Efeitos em Indústrias Madeireiras**. Curitiba: 2000. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Artigo recebido em 2009 e aprovado para publicação em 2009