



RBFF **REVISTA BRASILEIRA DE** **FISIOTERAPIA** **FORENSE**

NOTA METODOLÓGICA

O QUE A EQUAÇÃO NIOSH NÃO MEDE: DELIMITAÇÃO DE APLICABILIDADE EM PERÍCIA TRABALHISTA E A CONFUSÃO ENTRE LIMITE DE PESO POPULACIONAL E CARGA METABÓLICA INDIVIDUAL

What the NIOSH lifting equation does not measure: scope limits in labour-court expert evidence and the confusion between a population weight limit and individual metabolic load

Ricardo Wallace das Chagas Lucas

Pesquisador independente — Florianópolis, Santa Catarina, Brasil
Perito fisioterapeuta, na forma da Resolução COFFITO nº 466/2016. CREFITO-10 nº 14.404-F.

Flávio Rosa Martelozo

Profissional autônomo — Itapoá, Santa Catarina, Brasil
Perito fisioterapeuta, na forma da Resolução COFFITO nº 466/2016. CREFITO-10 nº 31.301-F.

RESUMO

A Equação Revisada do NIOSH é invocada com frequência crescente em perícias trabalhistas, por vezes como resposta a determinações judiciais de aferição da carga metabólica ou do custo fisiológico do trabalho. Esta nota sustenta que aí há erro de categoria. A equação devolve um limite de peso recomendado e um índice de levantamento; seu critério fisiológico entrou uma única vez, na construção dos multiplicadores, a partir de uma linha de base populacional de 9,5 kcal/min atribuída à trabalhadora mediana de 40 anos, e não é recalculado a cada aplicação. Nenhuma das entradas da equação é medida no trabalhador examinado. Demonstra-se, com parâmetros de tarefa idênticos, que duas trabalhadoras de mesma idade recebem necessariamente o mesmo limite recomendado e o mesmo índice, ao passo que a aferição do custo cardiovascular devolve, para uma, conformidade, e para a outra, hipercarga com necessidade de pausas — diferença que não está na tarefa, mas em quem a executa. Revisam-se as condições de validade declaradas no próprio manual de aplicação, o objetivo declarado de prevenção de lombalgia e o silêncio da equação quanto ao segmento distal. Discutem-se as consequências periciais e processuais do uso indevido — resposta incompleta à determinação judicial, prova vulnerável à contradita, extrapolação de faixas de risco que a fonte não

estabelece e deslocamento indevido da responsabilidade para a condição individual do trabalhador — e propõe-se matriz de correspondência entre objeto de exame, instrumento e fundamento normativo, com declaração explícita do que é medido e do que é estimado.

Palavras-chave: perícia trabalhista; ergonomia; levantamento manual de cargas; equação do NIOSH; custo cardiovascular; fisioterapia forense.

ABSTRACT

The Revised NIOSH Lifting Equation is increasingly invoked in labour-court expert evidence, at times as an answer to judicial orders requiring assessment of the metabolic load or physiological cost of work. This note argues that this is a category error. The equation returns a recommended weight limit and a lifting index; its physiological criterion entered only once, in the construction of the multipliers, from a population baseline of 9.5 kcal/min ascribed to the median 40-year-old female worker, and is not recomputed at each application. None of the equation's inputs is measured in the worker under examination. It is shown that, with identical task parameters, two workers of the same age necessarily receive the same recommended limit and the same index, whereas measurement of cardiovascular cost returns compliance for one and overload with mandatory rest for the other — a difference that lies not in the task but in who performs it. The validity conditions declared in the equation's own applications manual, its declared aim of preventing low back pain, and its silence regarding the distal segment are reviewed. The forensic and procedural consequences of misuse are discussed — an incomplete answer to the judicial order, evidence vulnerable to challenge, extrapolation of risk bands the source does not establish, and undue displacement of responsibility onto the worker's individual condition — and a matrix matching object of examination, instrument and normative basis is proposed, with explicit declaration of what is measured and what is estimated.

Keywords: labour-court expert evidence; ergonomics; manual material handling; NIOSH lifting equation; cardiovascular cost; forensic physiotherapy.

1. O problema

Em perícia trabalhista de conteúdo ergonômico, é cada vez mais frequente que o juízo determine, no despacho de nomeação, a aferição da carga metabólica do trabalho — expressa, em geral, como dispêndio energético, custo cardiovascular e solicitação muscular localizada — e que, no mesmo processo, uma das partes requeira em quesito a aplicação da metodologia NIOSH. São pedidos de naturezas diferentes dirigidos ao mesmo perito, e a prática vem tratando-os como se fossem um só.

A confusão tem uma explicação benigna: a Equação Revisada do NIOSH declara, entre seus três critérios de projeto, um critério fisiológico. Quem lê a expressão sem examinar sua derivação conclui que a equação “já considera a fisiologia” e que respondê-la satisfaz a determinação judicial. Ela considera — mas de um modo que não se confunde com aferir.

Esta nota sustenta três proposições. A primeira é que a Equação Revisada do NIOSH não mede carga metabólica, nem parcialmente, porque nenhuma de suas entradas é obtida no trabalhador examinado. A segunda é que a equação possui condições de validade declaradas por seus próprios autores, frequentemente inobservadas na prática pericial. A terceira é que a resposta ao quesito que invoca a equação, quando cabível, não substitui nem satisfaz a determinação de aferição do custo fisiológico, e que tratá-la como se satisfizesse produz laudo incompleto, exposto a esclarecimentos, complementação e impugnação.

Nada do que segue recusa a equação. Ela é excelente no que se propõe a fazer. A crítica é ao seu emprego fora do objeto para o qual foi construída — e, sobretudo, ao silêncio do perito quanto a essa delimitação.

2. O que a Equação Revisada do NIOSH entrega

A Equação Revisada do NIOSH (WATERS et al., 1993) produz dois resultados: o Limite de Peso Recomendado (*Recommended Weight Limit*, RWL) e o Índice de Levantamento (*Lifting Index*, LI), razão entre a carga efetivamente manuseada e o RWL.

O RWL resulta de uma constante de carga de 23 kg, ajustada por seis multiplicadores adimensionais: distância horizontal da pega (HM), altura de origem (VM), deslocamento vertical (DM), ângulo de assimetria (AM), frequência (FM) e qualidade do acoplamento mão-objeto (CM). Todos os multiplicadores derivam da geometria da tarefa e da sua organização temporal. Nenhum deles é função de qualquer característica do trabalhador concreto.

Os três critérios de projeto da equação estão sintetizados na Tabela 1.

Tabela 1 — Critérios de projeto da Equação Revisada do NIOSH

Critério	Parâmetro de corte
Biomecânico	Força de compressão em L5/S1 mantida abaixo de 3.400 N (3,4 kN)
Psicofísico	Carga aceitável a 75% das trabalhadoras e a cerca de 99% dos trabalhadores
Fisiológico	Dispêndio energético entre 2,2 e 4,7 kcal/min, conforme a duração e a altura do levantamento

Fonte: elaborada pelos autores a partir de Waters et al. (1993), Tabela 1.

Registre-se desde já o percentual correto do critério psicofísico. É comum encontrar, em laudos e em material didático, a afirmação de que a carga seria aceitável a 75% das mulheres e a cerca de 90% dos homens. O valor publicado é de aproximadamente 99% dos trabalhadores do sexo masculino. A imprecisão não é inócua: ela subestima o conservadorismo da equação e, com isso, distorce o peso que se atribui a um índice igual ou inferior a 1,0.

O resultado da equação é, portanto, um peso em quilogramas e um índice adimensional. Não é medida de custo fisiológico, nem individual, nem aferida.

3. O critério fisiológico é populacional e *a priori* — não é medição

Este é o ponto que merece precisão, porque dele depende todo o restante.

Na derivação do critério fisiológico, os autores adotaram como referência a capacidade aeróbia máxima de levantamento de 9,5 kcal/min, descrita no artigo original como a capacidade aeróbia média presumida da trabalhadora de 40 anos situada no percentil 50. Desse valor extraíram os limites de dispêndio conforme a duração da tarefa: até 50% da linha de base para tarefas de até uma hora, até 40% para tarefas de uma a duas horas e até 33% para tarefas de duas a oito horas. Para o levantamento predominantemente de membros superiores — operacionalizado como levantamento acima de 75 cm do piso —, aplicou-se redução adicional, porque a capacidade aeróbia do trabalho de braços corresponde a cerca de 70% daquela obtida em trabalho de corpo inteiro. Daí a faixa de 2,2 a 4,7 kcal/min, detalhada na Tabela 2.

Tabela 2 — Limites de dispêndio energético do critério fisiológico, em kcal/min

Altura de origem do levantamento (V)	Até 1 h	De 1 a 2 h	De 2 a 8 h
V ≤ 75 cm	4,7	3,7	3,1
V > 75 cm	3,3	2,7	2,2

Fonte: elaborada pelos autores a partir de Waters et al. (1993), Tabela 3.

Três consequências decorrem dessa derivação, e todas interessam ao perito.

A primeira é que o valor fisiológico entrou uma única vez, na construção da equação. Ele está congelado nos multiplicadores. Não é recalculado a cada aplicação, e o perito que aplica a equação não realiza, em momento algum, operação de natureza metabólica.

A segunda é que a capacidade aeróbia do trabalhador concreto nunca é medida. A equação atribui a todos a mesma linha de base — e, note-se, uma linha de base deliberadamente conservadora, construída sobre a trabalhadora mediana de 40 anos justamente para proteger a parcela menos capacitada da população de projeto.

A terceira é a que produz a demonstração da seção seguinte: dois trabalhadores quaisquer, executando a mesma tarefa nas mesmas condições geométricas e de frequência, recebem necessariamente o mesmo RWL e o mesmo LI — ainda que o custo fisiológico real de um seja substancialmente maior que o do outro.

O próprio manual de aplicação reconhece o limite. Ao delimitar as tarefas de levantamento, registra que, para algumas condições de tarefa, podem ser necessárias avaliações biomecânicas, metabólicas e psicofísicas independentes e específicas — *“independent and task specific biomechanical, metabolic, and psychophysical assessments may be needed”* (WATERS; PUTZ-ANDERSON; GARG, 1994). A equação não se apresenta como suficiente; quem a toma por suficiente é que a interpreta mal.

4. Demonstração: mesmos parâmetros de tarefa, cargas metabólicas distintas

O argumento é mais persuasivo quando exibido em números. Considerem-se duas trabalhadoras hipotéticas de 27 anos, executando exatamente a mesma tarefa: mesma caixa, mesma altura de pega, mesmo deslocamento vertical, mesma assimetria, mesma frequência, mesma qualidade de acoplamento. O caso-limite, para efeito de argumentação, seria o de gêmeas monozigóticas, de mesma estatura, massa corporal e envergadura, distinguindo-se apenas pelo nível de condicionamento cardiorrespiratório.

4.1 O que a equação devolve

Sejam os seguintes parâmetros de tarefa: carga manuseada de 12,0 kg; distância horizontal da pega de 30 cm; altura de origem de 75 cm; deslocamento vertical de 50 cm; assimetria nula; frequência de um levantamento por minuto; duração de duas a oito horas; acoplamento regular. Os multiplicadores resultantes estão na Tabela 3.

Tabela 3 — Multiplicadores e resultado da equação para a tarefa do exemplo

Multiplicador	Parâmetro	Valor
HM = 25/H	H = 30 cm	0,833
VM = 1 - 0,003 V - 75	V = 75 cm	1,000
DM = 0,82 + 4,5/D	D = 50 cm	0,910
AM = 1 - 0,0032 A	A = 0°	1,000
FM (tabelado)	F = 1/min, 2 a 8 h	0,750
CM (tabelado)	Acoplamento regular, V ≥ 75 cm	1,000
RWL = 23 × HM × VM × DM × AM × FM × CM	—	13,1 kg
LI = carga ÷ RWL	Carga = 12,0 kg	0,92

Fórmulas e valores tabelados conforme Waters, Putz-Anderson e Garg (1994). Fonte: elaborada pelos autores.

O índice é de 0,92, inferior à unidade. Pela equação, a tarefa está dentro do limite recomendado — e está, para ambas as trabalhadoras, porque a equação não dispõe de uma única variável capaz de diferenciá-las. Registre-se ainda que o manual não estabelece faixas graduadas de risco: ele afirma que tarefas com LI superior a 1,0 apresentam risco aumentado de lombalgia relacionada ao levantamento para alguma fração da força de trabalho, e que praticamente todos os trabalhadores estarão sob risco aumentado em tarefas que excedam LI de 3,0. Escalas de três ou quatro faixas atribuídas ao NIOSH são extrapolação de quem as usa, não enunciado da fonte.

4.2 O que a aferição do custo cardiovascular devolve

Aplique-se agora, às mesmas trabalhadoras, o critério do custo cardiovascular relativo, na formulação de Apud (1989, 1997), adotada no Método C3 (LUCAS, 2025):

$$CCV = [(FCT - FCR) \div (FCM - FCR)] \times 100$$

$$FCL = 0,40 \times (FCM - FCR) + FCR$$

em que FCR é a frequência cardíaca de repouso registrada na posição de trabalho, FCT é a frequência cardíaca média durante o trabalho efetivo, FCM é a frequência cardíaca máxima e FCL é o limite correspondente a 40% da reserva cardíaca. A Tabela 4 reúne os achados.

Tabela 4 — Aferição do custo cardiovascular de duas trabalhadoras de 27 anos

Variável	Trabalhadora A (condicionada)	Trabalhadora B (descondicionada)
FCR — repouso, na posição de trabalho	58 bpm	76 bpm
FCM prevista (220 - idade)	193 bpm	193 bpm
FCT — média do trabalho efetivo	105 bpm	132 bpm
CCV	34,8%	47,9%
FCL — limite de 40% da reserva	112 bpm	123 bpm
Situação	Dentro do limite	Acima do limite
Carga metabólica geral	87,0%	119,7% → saturada em 100%
RWL e LI da mesma tarefa	13,1 kg · LI 0,92	13,1 kg · LI 0,92

Carga metabólica calculada pela faixa FCR → FCL, conforme o Método C3. Fonte: elaborada pelos autores.

Para a Trabalhadora B, ultrapassado o limite de 40% da reserva cardíaca, impõe-se ainda o cálculo do tempo de recuperação:

$$Tr = Ht \times (FCT - FCL) \div (FCT - FCR)$$

que, para uma hora de trabalho efetivo, resulta em aproximadamente dez minutos de repouso por hora — prescrição concreta, verificável e executável, que nenhum valor de RWL poderia ter produzido.

O contraste é o argumento. A equação devolve, para as duas, o mesmo número, e esse número sinaliza conformidade. A aferição do custo cardiovascular devolve, para uma, conformidade; para a outra, hipercarga, com necessidade de reorganização do trabalho e prescrição de pausas. A diferença não está na tarefa — está em quem a executa, e é justamente quem executa que o juízo manda avaliar.

Vale registrar o fundamento fisiológico do porquê. O dispêndio energético real depende do consumo de oxigênio, e a frequência cardíaca é indicador biológico validado desse consumo em situação laboral, com a vantagem prática do registro contínuo em atividade real. A reserva de frequência cardíaca, ademais, corresponde à reserva de consumo de oxigênio, e não ao percentual do consumo máximo (SWAIN; LEUTHOLTZ, 1997) — razão pela qual o índice ancorado na FCR individual é o que exprime fração da capacidade funcional de cada pessoa. Um mesmo trabalho externo, imposto a capacidades aeróbias distintas, consome frações distintas da reserva funcional de cada um. É por isso que a carga se expressa em percentual da capacidade individual, e não em quilogramas.

4.3 Antecipando a contradição

A objeção previsível é que a frequência cardíaca sofre influência de variáveis alheias ao esforço: ambiente térmico, hidratação, estado emocional, cafeína e medicamentos. A objeção procede, e é precisamente por isso que o protocolo exige que a FCR seja registrada na posição de trabalho, sem execução do gesto laboral, e que a FCT seja tomada como média de, no mínimo, vinte minutos de trabalho efetivo ou até a estabilização. O controle dessas condições integra o método; sua ausência é que invalidaria a medida. O perito que não descreve o protocolo de registro entrega à parte adversa exatamente o argumento que poderia ter neutralizado.

5. As condições de validade declaradas pela própria equação

Independentemente da questão metabólica, a Equação Revisada do NIOSH possui condições de validade expressas em seu manual de aplicação. A lista não é doutrinária nem opinativa: é enunciada pelos autores, e a sua inobservância retira da equação o estatuto de método aplicado.

Tabela 5 — Condições em que a equação declaradamente não se aplica

Condição	Qualificação declarada no manual
Levantamento ou abaixamento com uma só mão	Sem qualificação
Jornada de levantamento superior a oito horas	Sem qualificação
Levantamento em posição sentada ou ajoelhada	Sem qualificação
Levantamento em espaço de trabalho restrito	Sem qualificação
Objetos instáveis, cujo conteúdo se desloca	Sem qualificação

Levantamento com transporte, empurrar ou puxar	Sem qualificação
Uso de carrinhos de mão ou pás	Sem qualificação
Movimento de alta velocidade	Acima de cerca de 76 cm/s (30 pol./s)
Acoplamento inadequado entre calçado e piso	Coefficiente de atrito inferior a 0,4
Ambiente desfavorável	Temperatura fora de 19 a 26 °C; umidade relativa fora de 35 a 50%

Fonte: elaborada pelos autores a partir de Waters, Putz-Anderson e Garg (1994), seção 1.2.

A lista tem consequência prática imediata. Manuseio unimanual de peças, sacos e recipientes de conteúdo móvel, peças de grande dimensão transportadas por distância relevante, movimentação em corredores estreitos, câmaras frias e ambientes quentes — todas são situações correntes em reclamações trabalhistas, e todas estão fora do domínio de validade da equação. A delimitação, nesses casos, não é escolha do perito: é condição posta pela própria ferramenta que o quesito invoca.

Registre-se ainda a atenção necessária à versão consultada. A revisão de setembro de 2021 do manual de aplicação manteve idênticos as fórmulas, os multiplicadores e as limitações, mas alterou o fator de tempo de recuperação da duração curta, de 1,2 para 1,0 vez o tempo de trabalho. Como o enquadramento da tarefa na faixa de duração depende do tempo de recuperação disponível, a mudança pode, em situações de fronteira, deslocar a coluna do multiplicador de frequência e alterar o resultado. O laudo deve declarar qual edição empregou.

6. O silêncio da equação quanto ao segmento distal

Há um limite que, nas perícias de doença ocupacional de membro superior, é decisivo.

A Equação Revisada do NIOSH foi desenvolvida com o objetivo declarado de prevenir ou reduzir a ocorrência de lombalgia relacionada ao levantamento manual de cargas — “*to prevent or reduce the occurrence of lifting-related low back pain*” (WATERS et al., 1993). Seu critério biomecânico é a compressão discal em L5/S1.

Ora, boa parte das afecções controvertidas na Justiça do Trabalho não é lombar. Tenossinovites estenosantes, epicondilites, síndromes compressivas do punho e tendinopatias do manguito rotador acometem segmentos sobre os quais a equação nada informa. Ela não trata de frequência de ações técnicas do punho, de desvio radial e ulnar, de pinça e preensão do polegar, de tempo de permanência em faixa angular de risco no segmento distal ou de solicitação muscular localizada. Esses são precisamente os fatores que a literatura associa aos distúrbios osteomusculares de mão e punho (SILVERSTEIN; FINE; ARMSTRONG, 1986; KILBOM, 1994).

Responder ao quesito que invoca o NIOSH e encerrar aí a análise, num processo em que se controverte o nexo de afecção distal, deixa sem qualquer medição justamente a região anatômica

discutida. Pior: entrega ao juízo um índice inferior a 1,0 que, lido sem a delimitação devida, sugere ausência de sobrecarga onde nada foi medido.

7. A perícia examina uma pessoa, não um valor de referência

Há uma distinção que precisa ser enunciada com clareza, porque dela decorre todo o encaminhamento adiante.

A ergonomia de concepção trabalha legitimamente com populações. Ao projetar um posto que será ocupado por dezenas de pessoas ao longo de anos, o projetista não dispõe de outro caminho senão o percentil, a constante de carga, o valor de referência. A equação do NIOSH é, nesse sentido, excelente ferramenta de projeto — e foi para isso que seus autores a construíram, como o título do artigo original anuncia: *design and evaluation of manual lifting tasks*.

A perícia, porém, não projeta. Ela examina uma situação de trabalho concreta, vivida por pessoa identificada nos autos, cuja capacidade funcional é matéria controvertida. Aplicar a essa pessoa um limite construído para uma população de referência é responder a uma pergunta que a lide não formulou.

A norma vigente é explícita quanto a isso. A NR-17, no item 17.1.1, define seu objetivo como o de estabelecer as diretrizes e os requisitos que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores. O item 17.3.1, ao instituir a Avaliação Ergonômica Preliminar, repete a fórmula: ela é devida nas situações de trabalho que, em decorrência da natureza e do conteúdo das atividades requeridas, demandam adaptação às características psicofisiológicas dos trabalhadores. E a NR-01, ao disciplinar o inventário de riscos ocupacionais, exige, no item 1.5.7.3.2, alínea “e”, a indicação dos grupos de trabalhadores expostos aos perigos — não de um grupo hipotético.

A norma não determina a adaptação do trabalho a um trabalhador médio, nem a um percentil, nem a uma constante. Ela determina a adaptação às características de quem efetivamente trabalha. Daí decorre que a carga fisiológica, em sede pericial, não pode ser presumida a partir de tabela: ela precisa ser aferida na pessoa examinada.

8. A carga varia no próprio trabalhador — e isso é objeto de gerenciamento

O argumento tem um segundo desdobramento, de consequência normativa direta.

A capacidade funcional não é atributo fixo. Ela varia no mesmo indivíduo ao longo do tempo, por destreinamento, por retorno de afastamento prolongado, por variação de massa corporal, por envelhecimento, por condições fisiológicas transitórias. Em consequência, a mesma tarefa,

executada pelo mesmo trabalhador, pode representar carga adequada em um momento e hipercarga em outro — sem que nada tenha mudado no posto, no peso ou na frequência.

A situação de retorno ao trabalho é o exemplo mais nítido. Quem retorna de afastamento prolongado retorna, por definição fisiológica, com capacidade aeróbia e força reduzidas em relação ao seu próprio padrão anterior. Se retorna ao mesmo posto, com a mesma exigência e a mesma cadência, a carga relativa que passa a suportar é maior do que aquela que suportava antes de adoecer — ainda que o trabalho, do ponto de vista do posto, seja idêntico. É precisamente essa a razão de ser do exame de retorno ao trabalho previsto na NR-07, item 7.5.9, e da definição, pela avaliação médica, da necessidade de retorno gradativo, prevista no item 7.5.9.1.

Disso resulta a consequência que interessa ao exame do gerenciamento de riscos: uma organização que não avalia nem acompanha periodicamente a condição funcional dos trabalhadores expostos não tem como saber qual carga real está impondo a cada um deles. Ela conhece o peso da caixa; não conhece o custo de movê-la.

Um inventário de riscos construído em bases exclusivamente qualitativas, que atribui a distúrbios osteomusculares severidade irrelevante e classifica o risco como tolerável, e que foi levantado a partir de entrevista com trabalhador de outro setor, não sustenta afirmação alguma sobre a tolerabilidade da carga para a pessoa examinada. Não porque esteja errado em si, mas porque não mediu o que precisaria ter medido.

8.1 Advertência quanto ao enunciado deste argumento

Aqui reside o risco mais sério do raciocínio até agora exposto, e ele precisa ser dito sem rodeios. O argumento deve ser formulado como dever de conhecimento do empregador, jamais como deficiência do trabalhador.

Menor condicionamento não transfere responsabilidade nem converte a exposição em fato da vítima. A NR-01, no item 1.4.1, alínea “g”, impõe ao empregador implementar medidas de prevenção em ordem de prioridade — eliminação dos fatores de risco; minimização e controle por medidas de proteção coletiva; minimização e controle por medidas administrativas ou de organização do trabalho; e, por último, proteção individual —, e o item 1.5.5.1.2 só admite descer na hierarquia mediante comprovação de inviabilidade técnica ou insuficiência da medida coletiva. A NR-17, por sua vez, determina a adaptação do trabalho à pessoa, não o inverso. A vulnerabilidade individual, quando existe, é dado de entrada do gerenciamento de riscos, não excludente dele.

O perito que não faz essa ressalva expressamente, por escrito, entrega à defesa um argumento que o seu próprio laudo não sustenta.

9. Coerência metodológica: o que se mede e o que se estima

A crítica ao uso de valores de referência obriga o perito à mesma exigência que dirige aos demais. Declare-se, portanto, o que no protocolo do custo cardiovascular é medido e o que é estimado.

Tabela 6 — Origem das variáveis do protocolo de custo cardiovascular

Variável	Origem
FCR — frequência cardíaca de repouso	Medida no examinando, em posição de trabalho, sem execução do gesto laboral
FCT — frequência cardíaca de trabalho	Medida no examinando, como média de no mínimo 20 minutos de trabalho efetivo ou até estabilização
FCM — frequência cardíaca máxima	Estimada por fórmula

Fonte: elaborada pelos autores.

Duas observações decorrem disso, e ambas devem constar do laudo.

A primeira é que duas das três entradas são medidas na própria pessoa. O custo cardiovascular é índice de reserva, ancorado na FCR individual — de modo que a individualização não é retórica: ela está na estrutura do cálculo. A equação do NIOSH, ao contrário, não possui uma única entrada aferida no trabalhador.

A segunda é que a FCM é a única estimativa, e isso deve ser declarado. A fórmula de 220 menos a idade é a de uso corrente na literatura ergonômica que sustenta o cálculo do custo cardiovascular, mas há estimador de menor dispersão — $FCM = 208 - 0,7 \times \text{idade}$ (TANAKA; MONAHAN; SEALS, 2001), derivado de meta-análise de 351 estudos, com desvios-padrão residuais de 7 a 11 bpm. A Tabela 7 exhibe o efeito da troca de estimador sobre o exemplo da seção 4.

Tabela 7 — Sensibilidade dos resultados ao estimador da frequência cardíaca máxima

Resultado	$FCM = 220 - \text{idade}$	$FCM = 208 - 0,7 \times \text{idade}$
FCM aos 27 anos	193 bpm	189 bpm
Trabalhadora A — CCV	34,8%	35,9%
Trabalhadora A — carga metabólica	87,0%	89,6%
Trabalhadora B — CCV	47,9%	49,5%
Trabalhadora B — carga metabólica	100% (saturada)	100% (saturada)
Trabalhadora B — tempo de recuperação	≈ 10 min/h	≈ 11,5 min/h

Fonte: elaborada pelos autores.

A conclusão qualitativa não se altera: uma trabalhadora permanece dentro do limite e a outra permanece em hipercarga, sob qualquer dos estimadores. As magnitudes, porém, diferem, e é

essa diferença que deve ser declarada — inclusive porque exibir a análise de sensibilidade retira da contradição o argumento de que o perito criticaria no NIOSH aquilo que pratica no próprio método.

Registre-se ainda a proveniência do parâmetro. A formulação do custo cardiovascular relativo e o limiar de 40% são de Apud (1989, 1997), incorporados ao Método C3, e é dessa literatura que provém também o estimador de 220 menos a idade. Quem substituir o estimador deve declará-lo, como aqui se fez, para que a fórmula e a sua entrada permaneçam coerentes entre si.

10. Consequências periciais e processuais do uso indevido

Reunidos os elementos, é possível enunciar as consequências concretas, que são cinco.

- **Resposta incompleta à determinação judicial.** Responder ao quesito que invoca o NIOSH e dar por cumprida a determinação de aferição da carga metabólica produz laudo que não respondeu ao que o juízo perguntou. O desfecho previsível é pedido de esclarecimentos, determinação de complementação e, no limite, nova perícia — com custo, prazo e desgaste que eram evitáveis.
- **Prova vulnerável à contradição.** A aplicação da equação fora das suas condições de validade declaradas é impugnável com a leitura do próprio manual. O assistente técnico adverso não precisa de contra-argumento sofisticado: basta a seção 1.2.
- **Extrapolação de faixas de risco inexistentes.** Atribuir ao NIOSH escalas graduadas de risco, que a fonte não estabelece, desloca o laudo do terreno da prova técnica para o da opinião não fundamentada.
- **Inversão silenciosa do objeto.** Um índice inferior a 1,0, apresentado sem delimitação, é lido pelo juízo como ausência de sobrecarga. Quando a afecção controvertida é distal, ou quando a tarefa está fora do domínio da equação, esse número nada informa sobre o ponto controvertido — mas informa ao leitor leigo exatamente o contrário.
- **Deslocamento indevido da responsabilidade.** Introduzir a variabilidade individual sem a ressalva da seção 8.1 converte um argumento sobre o dever de conhecimento do empregador em alegação de predisposição do trabalhador. O erro é técnico e é, sobretudo, injusto.

Nenhuma dessas consequências decorre da equação. Todas decorrem do silêncio do perito quanto ao que ela não mede.

11. Encaminhamento: objeto, instrumento e fundamento

A NR-17, na redação da Portaria MTP nº 423/2021, é expressa ao tratar das etapas da Análise Ergonômica do Trabalho: o item 17.3.3, alínea “c”, exige a descrição e a justificativa para a definição dos métodos, técnicas e ferramentas adequados para a análise e sua aplicação, “não estando adstrita à utilização de métodos, técnicas e ferramentas específicos”. No âmbito da Avaliação Ergonômica

Preliminar, a liberdade metodológica vem do item 17.3.1.1, que admite abordagens qualitativas, semiquantitativas, quantitativas ou combinação delas, conforme o risco e os requisitos legais. O Manual de Aplicação da NR-17, publicado em 2002, é documento de orientação vinculado à redação anterior da norma e não vincula o perito na sistemática vigente.

Em consequência, propõe-se o encaminhamento sintetizado na Tabela 8, que o perito pode transpor para o corpo do laudo como seção de delimitação metodológica.

Tabela 8 — Matriz de correspondência entre objeto de exame, instrumento e fundamento

Objeto de exame	Instrumento	Fundamento
Levantamento manual bimanual de cargas, nas tarefas em que as condições de validade se verificam	Equação Revisada do NIOSH (RWL e LI)	Quesito da parte; Waters et al. (1993)
Tarefas fora das condições de validade da equação	Registro descritivo e quantificação por instrumento próprio, com a exclusão justificada	Manual de aplicação, seção 1.2
Carga e risco angular, por segmento e faixa de amplitude	Fotogrametria bidimensional com goniometria digital	Determinação judicial; NR-17, item 17.3.3, “c”
Carga e risco de repetitividade	Contabilidade de ações técnicas por ciclo	Determinação judicial; NR-17, item 17.3.3, “c”
Carga e risco metabólico geral	Monitorização da frequência cardíaca e cálculo do custo cardiovascular	Determinação judicial; NR-17, item 17.1.1
Carga metabólica local do segmento distal	Inferência pela conjugação das cargas angular e de repetitividade; quantificação complementar quando indicada	Determinação judicial

Fonte: elaborada pelos autores.

A matriz cumpre duas funções. A primeira é técnica: cada objeto recebe o instrumento capaz de medi-lo. A segunda é processual: ao exibir, linha a linha, qual pergunta cada instrumento responde, o laudo impede que a resposta a um quesito seja tomada como cumprimento de determinação diversa.

12. Conclusão

A Equação Revisada do NIOSH mede a adequação do peso de uma tarefa a uma população de referência. A determinação de aferição da carga metabólica exige a medição do custo fisiológico imposto a uma pessoa determinada. São medidas de objetos distintos, e uma não converte na outra.

O quesito que invoca a equação deve ser respondido nas tarefas em que ela é aplicável, e a resposta será expressa em limite de peso recomendado e índice de levantamento. Essa resposta, porém, não satisfaz a determinação de aferição do custo fisiológico, e o laudo deve dizê-lo

expressamente, antes de respondê-la, para que nenhum dos sujeitos processuais tome uma coisa pela outra.

O alerta que esta nota dirige ao perito fisioterapeuta e ao fisioterapeuta ergonômista é, no fundo, simples. Aplicar a equação é lícito e por vezes devido. Deixar de delimitar o que ela não mede é que compromete a prova — e compromete-a em desfavor de quem quer que seja beneficiado pela medição que não se fez.

REFERÊNCIAS

- APUD, E. Guide-lines on ergonomic study in forestry. Genebra: International Labour Office, 1989. 241 p.
- APUD, E. Temas de ergonomía aplicados al aumento de la productividad de la mano de obra en cosecha forestal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 3., 1997, Vitória. Anais... Vitória: SIF/UFV, 1997. p. 46-60.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Manual de aplicação da Norma Regulamentadora nº 17. 2. ed. Brasília: MTE, Secretaria de Inspeção do Trabalho, 2002.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 01 — Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais. Brasília: MTE, redação vigente.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. Norma Regulamentadora nº 07 — Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. Redação da Portaria MTP nº 567, de 10 de março de 2022.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. Norma Regulamentadora nº 17 — Ergonomia. Redação da Portaria MTP nº 423, de 7 de outubro de 2021, com alteração da Portaria MTP nº 4.219, de 20 de dezembro de 2022.
- CONSELHO FEDERAL DE FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL. Resolução nº 370, de 6 de novembro de 2009. Dispõe sobre a adoção da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde pelo fisioterapeuta e pelo terapeuta ocupacional.
- CONSELHO FEDERAL DE FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL. Resolução nº 466, de 20 de maio de 2016. Dispõe sobre a perícia fisioterapêutica e a atuação do perito e do assistente técnico.
- CONSELHO FEDERAL DE FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL. Resolução nº 610, de 26 de fevereiro de 2025. Institui a Primeira Atualização da Classificação Brasileira de Diagnósticos Fisioterapêuticos — CBDF-1.
- KILBOM, Å. Repetitive work of the upper extremity: Part II — the scientific basis (knowledge base) for the guide. International Journal of Industrial Ergonomics, v. 14, n. 1-2, p. 59-86, 1994.
- LUCAS, R. W. C. C3-TCM — Three-Charge Method: ferramenta ergonômica e pericial. Edição 2025.
- SILVERSTEIN, B. A.; FINE, L. J.; ARMSTRONG, T. J. Hand wrist cumulative trauma disorders in industry. British Journal of Industrial Medicine, v. 43, n. 11, p. 779-784, 1986.
- SWAIN, D. P.; LEUTHOLTZ, B. C. Heart rate reserve is equivalent to %VO₂ reserve, not to %VO₂max. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 29, n. 3, p. 410-414, 1997.

TANAKA, H.; MONAHAN, K. D.; SEALS, D. R. Age-predicted maximal heart rate revisited. Journal of the American College of Cardiology, v. 37, n. 1, p. 153-156, 2001.

WATERS, T. R.; PUTZ-ANDERSON, V.; GARG, A. Applications manual for the revised NIOSH lifting equation. Cincinnati: U.S. Department of Health and Human Services, DHHS (NIOSH) Publication No. 94-110, 1994. Revisão de setembro de 2021.

WATERS, T. R.; PUTZ-ANDERSON, V.; GARG, A.; FINE, L. J. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. Ergonomics, v. 36, n. 7, p. 749-776, 1993.

DECLARAÇÕES

- **Conflito de interesses:** Os autores integram o corpo editorial da RBFF — o primeiro na condição de editor-chefe e o segundo na de membro do Conselho Editorial — e declaram-se impedidos quanto a este manuscrito, cuja tramitação cabe ao editor substituto.
- **Financiamento:** Nenhum.
- **Dados:** Os parâmetros de tarefa e os valores de frequência cardíaca apresentados são hipotéticos, construídos para fins de demonstração metodológica, e não reproduzem dados de processo ou de pessoa identificável.
- **Ineditismo e autoria:** Integral perante a abordagem dos autores, para o fim a que se destina.
- **Uso de inteligência artificial:** Utilizado para diagramação, verificação bibliográfica das fontes primárias citadas, conferência aritmética e correções ortográficas.

Contato: fisioterapiaforense@fisioterapiaforense.com.br