

HIDRATAÇÃO, TERMORREGULAÇÃO E DESEMPENHO MILITAR EM CONDIÇÕES DE INVERNO EXTREMO: LIÇÕES DO CONFLITO NA UCRÂNIA

HYDRATION, THERMOREGULATION, AND MILITARY PERFORMANCE IN EXTREME WINTER CONDITIONS: LESSONS FROM THE CONFLICT IN UKRAINE

 <https://doi.org/10.63330/sasciencsv6n2-252>

Submetido em: 15/10/2026 e Publicado em: 23/10/2026

SAS: e26479

Deivisson Júnio Ferreira Belchior

Soldado do Exército da Ucrânia. Licenciado e Bacharel em Educação Física. Pós-graduado em Fisiologia do Esporte. Profissional registrado no Conselho Regional de Educação Física do Distrito Federal sob o nº 012851-G/DF, Brasília, DF.

Resumo

A exposição de militares a condições de inverno extremo impõe desafios fisiológicos que podem comprometer a manutenção da homeostase, a termorregulação e o desempenho físico e cognitivo. No contexto do conflito na Ucrânia, caracterizado pela atuação de tropas em ambientes de baixas temperaturas, áreas florestais, estruturas urbanas destruídas e posições defensivas, a manutenção adequada da hidratação constitui um fator relevante para a capacidade operacional. A exposição ao frio pode reduzir a percepção subjetiva da sede, enquanto mecanismos como a diurese induzida pelo frio, as perdas respiratórias de água, o esforço físico e a transpiração associada ao uso de equipamentos contribuem para o déficit hídrico. Nesse cenário, a desidratação pode interferir na função cardiovascular, na capacidade de exercício, na termorregulação, na coordenação motora, na atenção e na tomada de decisões. Este artigo tem como objetivo analisar a relação entre hidratação, termorregulação e desempenho militar em condições de inverno extremo, utilizando o conflito russo-ucraniano como contexto para discutir os desafios fisiológicos e operacionais associados à exposição prolongada ao frio. Busca-se demonstrar que a manutenção do equilíbrio hídrico deve ser compreendida não apenas como uma medida de saúde individual, mas também como componente da preparação, resistência e capacidade funcional de militares empregados em ambientes de combate sob condições climáticas severas.

Palavras-chave: Conflito na Ucrânia; Desempenho militar; Desidratação; Fisiologia humana; Frio extremo; Hidratação; Termorregulação.



Abstract

Exposure of military personnel to extreme winter conditions imposes physiological challenges that may compromise homeostasis, thermoregulation and physical and cognitive performance. In the context of the war in Ukraine, marked by troops operating in low temperatures, forested areas, destroyed urban structures and defensive positions, adequate hydration is a relevant factor for operational capacity. Cold exposure can blunt the subjective perception of thirst, while cold-induced diuresis, respiratory water loss, physical exertion and sweating under heavy equipment contribute to fluid deficit. Dehydration may then interfere with cardiovascular function, exercise capacity, thermoregulation, motor coordination, attention and decision making. This article analyses the relationship between hydration, thermoregulation and military performance in extreme winter conditions, using the Russian-Ukrainian conflict as a setting to discuss the physiological and operational challenges associated with prolonged cold exposure. It argues that fluid balance should be understood not only as an individual health measure but as a component of the preparation, resilience and functional capacity of personnel deployed in combat under severe climatic conditions.

Keywords: Dehydration; Extreme cold; Human physiology; Hydration; Military performance; Thermoregulation; War in Ukraine.

1 INTRODUÇÃO

O inverno sempre ocupou lugar de destaque na história militar. As campanhas de Napoleão na Rússia em 1812, a Guerra de Inverno entre Finlândia e União Soviética em 1939 e 1940, o cerco de Stalingrado e a Batalha das Ardenas mostraram que o frio é capaz de retirar de combate contingentes inteiros sem que um único disparo seja efetuado. Em todos esses episódios, a maior parte das baixas ambientais decorreu de problemas que hoje seriam considerados evitáveis: vestuário inadequado, alimentação insuficiente, exposição prolongada à umidade e, de modo menos visível, perda de líquidos corporais que ninguém percebia enquanto acontecia.

O conflito iniciado em fevereiro de 2022 entre Rússia e Ucrânia devolveu esse tema ao primeiro plano. Trata-se de uma guerra de grande escala, travada em um território onde as temperaturas de inverno frequentemente caem abaixo de dez graus negativos, com ventos constantes nas planícies abertas do leste e do sul, chuva e neve que transformam estradas em lama e um ciclo repetido de congelamento e degelo. As tropas de ambos os lados ocupam trincheiras, abrigos escavados em florestas, porões de edifícios destruídos e posições defensivas que precisam ser mantidas por dias ou semanas. Reportagens realizadas nas linhas de frente do Donbas já no primeiro inverno da guerra registraram soldados sofrendo de pé de trincheira, deslocando-se em meio à lama e enfrentando cortes de energia que dificultavam o aquecimento



(AFP, 2022). Nos invernos seguintes, médicos militares relataram que feridos que permaneciam muito tempo em campo aberto chegavam aos postos de atendimento em hipotermia, agravada pela perda de sangue (AFP, 2023).

Esse cenário coloca em evidência um problema que a literatura fisiológica conhece há décadas, mas que raramente recebe a atenção devida no planejamento operacional: a desidratação em ambientes frios. A intuição comum associa a perda de líquidos ao calor, ao suor visível e à sede intensa. No frio, no entanto, os mecanismos de perda de água permanecem ativos, alguns deles se intensificam, e os sinais que normalmente levariam o indivíduo a beber são atenuados. O resultado é um déficit hídrico progressivo que se instala de forma silenciosa, muitas vezes sem que o militar ou seus comandantes percebam, até que os efeitos sobre a capacidade física, a coordenação motora e o julgamento se tornem evidentes.

Este artigo tem como objetivo analisar a relação entre hidratação, termorregulação e desempenho militar em condições de inverno extremo, tomando o conflito russo-ucraniano como contexto de referência. A escolha desse conflito não se deve apenas à sua atualidade, mas ao fato de que ele reúne, em um mesmo teatro de operações, as principais condições que a fisiologia identifica como agravantes da desidratação no frio: exposição prolongada, esforço físico intenso alternado com longos períodos de imobilidade, uso de equipamento pesado, dificuldade logística de fornecimento de água e, em muitos casos, impossibilidade de aquecer líquidos ou derreter neve com segurança.

O texto está organizado em sete seções, além desta introdução e das considerações finais. A segunda seção apresenta a abordagem metodológica adotada. A terceira descreve o ambiente de inverno no conflito ucraniano a partir de fontes abertas. A quarta revisa os mecanismos de termorregulação humana no frio. A quinta examina o equilíbrio hídrico em ambientes frios e os fatores que favorecem o déficit de água. A sexta discute os efeitos da desidratação sobre o desempenho físico, cognitivo e termorregulatório. A sétima aborda a relação entre desidratação e lesões pelo frio. A oitava, por fim, discute implicações operacionais e medidas de prevenção aplicáveis a forças militares.

2 METODOLOGIA

Este trabalho configura-se como uma revisão narrativa de literatura, de caráter descritivo e analítico. A escolha desse formato decorre da natureza do objeto estudado, que exige a articulação entre três campos relativamente distintos: a fisiologia do exercício e do ambiente, a medicina militar e a análise de conflitos contemporâneos. Uma revisão sistemática, com critérios rígidos de inclusão e exclusão, dificilmente conseguiria integrar fontes tão heterogêneas, enquanto uma revisão narrativa permite construir um raciocínio que percorre esses campos e os coloca em diálogo.

As fontes fisiológicas foram selecionadas a partir de publicações reconhecidas na área, com prioridade para posicionamentos oficiais de sociedades científicas, revisões publicadas em periódicos de



fisiologia aplicada e estudos experimentais clássicos sobre balanço hídrico e termorregulação em ambientes frios. Deu-se atenção particular à produção do Instituto de Pesquisa em Medicina Ambiental do Exército dos Estados Unidos (USARIEM), responsável por grande parte do conhecimento disponível sobre hidratação de militares em condições climáticas adversas, e aos manuais técnicos do Exército norte-americano dedicados à prevenção de lesões pelo frio.

As fontes relativas ao conflito na Ucrânia são de natureza jornalística e documental, obtidas em veículos de imprensa internacional e em publicações ucranianas de acesso aberto. Reconhece-se a limitação dessas fontes, que não têm caráter científico e não permitem quantificar a prevalência de desidratação ou de lesões pelo frio entre as tropas. Elas são utilizadas aqui apenas para caracterizar o ambiente operacional e ilustrar as condições concretas em que os mecanismos fisiológicos descritos se manifestam. Não há, até o momento, estudos epidemiológicos publicados sobre o estado de hidratação de militares no conflito ucraniano, e o artigo não pretende suprir essa lacuna, mas sim indicar a sua relevância.

A análise foi conduzida em três etapas. Na primeira, descreveram-se as condições ambientais e operacionais do teatro ucraniano no inverno. Na segunda, identificaram-se os mecanismos fisiológicos pelos quais o frio altera a termorregulação e o balanço hídrico. Na terceira, relacionaram-se esses mecanismos aos efeitos conhecidos da desidratação sobre o desempenho e ao risco de lesões pelo frio, extraindo-se implicações para o planejamento, o treinamento e a logística de forças militares.

3 O AMBIENTE DE INVERNO EXTREMO NO CONFLITO NA UCRÂNIA

3.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E GEOGRÁFICAS

A Ucrânia possui clima continental temperado na maior parte do território, com invernos longos e frios. Nas regiões do leste, onde se concentra a maior parte dos combates terrestres desde 2022, as temperaturas médias de janeiro situam-se em torno de cinco a sete graus negativos, com mínimas que podem ultrapassar vinte graus negativos em episódios de frio intenso. O relevo predominantemente plano das estepes de Donetsk, Luhansk e Zaporizhzhia favorece ventos constantes que elevam a sensação térmica e aceleram a perda de calor corporal. A combinação de temperatura baixa e vento é um dos fatores mais relevantes para o risco de lesões pelo frio, pois a velocidade do ar reduz a camada de ar aquecido junto à pele e aumenta a convecção (Castellani et al., 2006).

Um aspecto frequentemente negligenciado é que o inverno ucraniano não é uniformemente gelado. Períodos de temperatura próxima de zero grau, com chuva, neve derretida e lama, alternam-se com ondas de frio seco e intenso. Essa oscilação cria um ambiente em que a umidade está sempre presente: as roupas molham pela chuva, pelo contato com o solo encharcado das trincheiras ou pelo próprio suor, e depois congelam quando a temperatura cai. Médicos de combate ucranianos relataram que, no inverno, a maior ameaça aos soldados em posição não é o frio extremo em si, mas as fases de aquecimento, quando a neve



derrete, tudo fica molhado e a exposição prolongada dos pés à umidade conduz ao pé de trincheira (Texty.org.ua, s.d.).

3.2 CONDIÇÕES OPERACIONAIS

O conflito assumiu, a partir do final de 2022, características de guerra posicional, com linhas de frente relativamente estáveis, extensos sistemas de trincheiras e abrigos subterrâneos, campos minados e uso massivo de drones de observação e ataque. Essa configuração tem consequências diretas para a exposição ao frio e para a hidratação.

Em primeiro lugar, as tropas permanecem por longos períodos em posições fixas, muitas vezes com mobilidade reduzida ao mínimo. A imobilidade diminui a produção metabólica de calor e aumenta a dependência do vestuário e de fontes externas de aquecimento. Em segundo lugar, a onipresença de drones tornou perigoso qualquer deslocamento diurno e qualquer fonte de calor visível. Fogueiras, fogareiros e até velas de trincheira podem ser detectados por câmeras térmicas, o que limita a possibilidade de aquecer alimentos, derreter neve ou preparar bebidas quentes. Relatos de soldados ucranianos indicam que as velas de trincheira, embora úteis, são pesadas para serem transportadas ou entregues por drone em quantidade suficiente, e que os abrigos nas florestas próximas a Kreminna eram pequenos e precariamente aquecidos (Texty.org.ua, s.d.).

Em terceiro lugar, a logística de suprimento das posições avançadas é extremamente difícil. Em muitos setores, o reabastecimento só é possível a pé, durante a noite, percorrendo distâncias de vários quilômetros, ou por meio de pequenos drones de carga que transportam alguns quilos por vez. Soldados relataram deslocamentos de vinte a vinte e cinco quilômetros a pé para alcançar posições e dependência de drones para o recebimento de alimentos e suprimentos (Texty.org.ua, s.d.). Nesse contexto, a água, por seu peso, compete com munição, baterias, alimentos e material médico pelo espaço disponível. A prioridade raramente recai sobre ela.

Em quarto lugar, as próprias condições de vida nas posições favorecem a perda de líquidos e desestimulam a reposição. A higiene é difícil, os sanitários improvisados estão muitas vezes expostos ao frio e ao risco de observação inimiga, e o ato de urinar pode exigir sair de um abrigo relativamente aquecido para o exterior gelado. Há relatos de soldados que reduzem deliberadamente a ingestão de líquidos para evitar essa necessidade, comportamento conhecido na medicina militar como desidratação voluntária e documentado em diversos conflitos anteriores.

3.3 EQUIPAMENTO INDIVIDUAL E CARGA TRANSPORTADA

O soldado contemporâneo em operações de inverno carrega uma quantidade considerável de equipamento. Colete balístico com placas, capacete, armamento, munição, rádio, baterias, kit médico, água,



alimentação e vestuário de reserva somam facilmente trinta a quarenta quilos. Sobre esse conjunto, aplicam-se as múltiplas camadas de roupa necessárias à proteção contra o frio. Um soldado ucraniano descreveu que, ao retornar do turno em posição no primeiro inverno, vestia tudo o que encontrava, incluindo três calças sobrepostas e várias jaquetas (AFP, 2023).

Esse arranjo cria um paradoxo térmico. Durante os deslocamentos ou o trabalho físico de escavação e fortificação, o militar produz grande quantidade de calor metabólico, que fica aprisionado sob o colete e as camadas de roupa, provocando sudorese abundante. Quando o esforço cessa e ele volta a ficar imóvel em posição, o suor acumulado nas roupas esfria rapidamente e passa a retirar calor do corpo, aumentando o risco de hipotermia. A sudorese sob equipamento é, portanto, ao mesmo tempo uma via de perda de água e um fator de risco para lesões pelo frio. Esse mecanismo é central para compreender por que a hidratação e a termorregulação não podem ser tratadas como problemas separados.

4 TERMORREGULAÇÃO HUMANA NO FRIO

4.1 PRINCÍPIOS GERAIS

O organismo humano mantém a temperatura central em uma faixa estreita, em torno de 37 graus Celsius, por meio de um equilíbrio permanente entre produção e perda de calor. O calor é produzido pelo metabolismo basal e, em quantidade muito maior, pela atividade muscular. É perdido por quatro vias: condução, pelo contato direto com superfícies frias; convecção, pelo movimento do ar ou da água junto à pele; radiação, pela emissão de energia infravermelha; e evaporação, pela transformação do suor e da umidade respiratória em vapor. No frio, as três primeiras vias são intensificadas, e a evaporação, embora reduzida em termos absolutos, permanece relevante quando as roupas estão molhadas ou quando há sudorese sob o vestuário (Castellani; Young, 2016).

O controle da temperatura é exercido pelo hipotálamo, que recebe informações de termorreceptores cutâneos e centrais e aciona respostas efectoras. No frio, essas respostas são de dois tipos: as que reduzem a perda de calor e as que aumentam sua produção. A primeira é a vasoconstrição periférica, que diminui o fluxo sanguíneo para a pele e as extremidades, reduzindo o gradiente térmico entre a superfície corporal e o ambiente. A segunda é a termogênese, que ocorre por tremor muscular involuntário e, em menor grau, por mecanismos metabólicos sem tremor (Castellani; Young, 2016).

4.2 VASOCONSTRIÇÃO PERIFÉRICA E SUAS CONSEQUÊNCIAS

A vasoconstrição cutânea é a primeira linha de defesa contra o frio. Ao reduzir o fluxo sanguíneo para a pele, o organismo preserva o calor do núcleo corporal, mas ao custo de expor as extremidades a temperaturas progressivamente mais baixas. Mãos, pés, orelhas e nariz são as regiões mais afetadas, o que explica por que o congelamento e o pé de trincheira atingem preferencialmente essas áreas. A



vasoconstrição também reduz a destreza manual e a sensibilidade tátil, com consequências diretas para tarefas militares que exigem manipulação fina, como o manejo de armamento, equipamentos de comunicação e material médico (Castellani et al., 2006).

Um efeito menos conhecido da vasoconstrição periférica é a sua repercussão sobre o volume sanguíneo central. Ao retirar sangue da periferia, a vasoconstrição aumenta o retorno venoso e o volume de sangue nas grandes veias e nos átrios do coração. Os receptores de estiramento presentes nessas estruturas interpretam esse aumento como excesso de volume circulante e desencadeiam respostas renais que levam à eliminação de líquido. Esse mecanismo, conhecido como diurese induzida pelo frio, será discutido em detalhe na seção seguinte, pois constitui a principal ligação entre termorregulação e balanço hídrico em ambientes frios (Freund; Sawka, 1996).

4.3 TREMOR E PRODUÇÃO DE CALOR

Quando a vasoconstrição não é suficiente para manter a temperatura central, o organismo recorre ao tremor, contrações musculares involuntárias e rítmicas que podem elevar a produção de calor a várias vezes o valor basal. O tremor é eficaz, mas apresenta limitações importantes do ponto de vista operacional. Ele consome energia, acelera a fadiga, compromete a precisão motora e não pode ser sustentado indefinidamente. Em exposições prolongadas, a intensidade do tremor diminui à medida que as reservas de glicogênio muscular se esgotam e a fadiga se instala, o que reduz a capacidade de defesa contra a queda da temperatura central (Castellani; Tipton, 2015).

O exercício físico é a alternativa mais eficaz ao tremor para a produção de calor, pois a contração muscular voluntária gera calor em quantidade muito superior. Por essa razão, soldados em posição frequentemente recorrem a movimentos repetitivos para se aquecer. Entretanto, o exercício também aumenta a sudorese e a ventilação pulmonar, intensificando a perda de água, e o calor produzido se dissipa rapidamente quando a atividade cessa. Além disso, a fadiga decorrente de esforço prolongado reduz a capacidade subsequente de produzir calor por tremor, fenômeno descrito na literatura como fadiga termorregulatória (Castellani; Tipton, 2015).

4.4 HIPOTERMIA E A ESCALA DE COMPROMETIMENTO

A hipotermia é definida como a queda da temperatura central abaixo de 35 graus Celsius. A hipotermia leve, entre 35 e 32 graus, caracteriza-se por tremor intenso, aumento da frequência cardíaca e respiratória, perda de destreza e alterações iniciais do julgamento. Na hipotermia moderada, entre 32 e 28 graus, o tremor cessa, a confusão mental se instala, a fala torna-se arrastada e a coordenação motora se deteriora acentuadamente. Abaixo de 28 graus, o risco de arritmias cardíacas e parada cardiorrespiratória torna-se elevado (United States, 2005).



Do ponto de vista militar, o aspecto mais preocupante é que o comprometimento cognitivo se inicia já na hipotermia leve, antes que o quadro seja reconhecido como emergência médica. Um soldado com temperatura central de 34 graus pode ainda estar em posição, manejando armamento e tomando decisões, mas com capacidade de julgamento reduzida, sem perceber a própria condição. Como se verá adiante, a desidratação produz efeitos cognitivos semelhantes, e os dois processos frequentemente coexistem.

5 EQUILÍBRIO HÍDRICO EM AMBIENTES FRIOS

5.1 A ILUSÃO DE SEGURANÇA DO FRIO

A percepção de que o frio protege contra a desidratação é um dos erros mais persistentes na prática militar. Ela decorre da associação intuitiva entre perda de água e calor: no verão, o suor é visível, a sede é intensa e a necessidade de beber se impõe por si mesma. No inverno, o suor evapora ou é absorvido pelas roupas antes de ser percebido, a sede é atenuada e a água fria é pouco atraente. O resultado é que o militar bebe menos justamente em um ambiente onde continua a perder água por vias que não enxerga.

A literatura fisiológica descreve pelo menos quatro mecanismos que concorrem para o déficit hídrico no frio: a redução da sensação de sede, a diurese induzida pelo frio, o aumento das perdas respiratórias e a sudorese associada ao esforço físico sob vestuário pesado (Freund; Sawka, 1996; O'Brien; Young; Sawka, 1998). A esses mecanismos somam-se fatores comportamentais e logísticos próprios do ambiente operacional. Cada um deles será examinado a seguir.

5.2 REDUÇÃO DA SENSACÃO DE SEDE

A sede é o principal sinal regulador da ingestão de líquidos. Ela é desencadeada pelo aumento da osmolalidade plasmática e pela redução do volume sanguíneo, percebidos por osmorreceptores e barorreceptores que informam o hipotálamo. No frio, esse sistema sofre uma interferência peculiar. A vasoconstrição periférica desloca sangue para o compartimento central, o que faz com que os barorreceptores interpretem a situação como de volume adequado ou até excessivo, mesmo quando o conteúdo total de água corporal já está reduzido. A sede, consequentemente, não é acionada na intensidade esperada para o grau de déficit existente.

Kenefick e colaboradores (2004) demonstraram experimentalmente esse fenômeno ao comparar a sensação de sede e a resposta hormonal de indivíduos desidratados em repouso e durante exercício em ambiente frio e em ambiente temperado. Os participantes expostos ao frio relataram sede significativamente menor para o mesmo nível de desidratação, e a resposta da vasopressina, hormônio que reduz a excreção renal de água, também foi atenuada. Os autores concluíram que a exposição ao frio reduz a sede em cerca de quarenta por cento, e que esse efeito persiste durante o exercício. Em termos práticos, isso significa que, no frio, o militar não pode confiar na sede como indicador da necessidade de beber. Quando a sede



finalmente aparece, o déficit já é substancial.

5.3 DIURESE INDUZIDA PELO FRIO

A diurese induzida pelo frio é o aumento da produção de urina que ocorre em resposta à exposição a baixas temperaturas. O mecanismo foi descrito ainda na primeira metade do século XX e tem sido confirmado em numerosos estudos. Como mencionado na seção anterior, a vasoconstrição periférica desloca um volume considerável de sangue para o núcleo corporal. Esse aumento do volume central distende os átrios e as grandes veias, ativando receptores que sinalizam ao organismo uma condição de hipervolemia relativa. Em resposta, ocorre liberação de peptídeo natriurético atrial, supressão da secreção de vasopressina e aumento da filtração glomerular, com consequente elevação da excreção de água e sódio pelos rins (Freund; Sawka, 1996).

A intensidade da diurese induzida pelo frio varia conforme a temperatura, a duração da exposição, o estado prévio de hidratação e a intensidade da atividade física. Em condições de repouso e exposição aguda ao frio, a produção de urina pode aumentar várias vezes em relação ao valor basal. A diurese tende a ser mais acentuada em indivíduos bem hidratados e a diminuir com a aclimação, mas não desaparece. O aspecto mais relevante é que o líquido eliminado não é excesso: trata-se de água que o organismo necessita e que é perdida em razão de uma interpretação equivocada dos sinais de volume (Freund; Sawka, 1996).

No contexto operacional, a diurese induzida pelo frio tem uma consequência adicional de ordem comportamental. A necessidade frequente de urinar em um ambiente onde isso exige expor-se ao frio, deixar o abrigo ou interromper a vigilância leva muitos militares a reduzir voluntariamente a ingestão de líquidos. Esse comportamento, conhecido como desidratação voluntária, é amplamente documentado na literatura de medicina militar e constitui um dos principais fatores de agravamento do déficit hídrico em campanhas de inverno (Institute of Medicine, 1996).

5.4 PERDAS RESPIRATÓRIAS

O ar inspirado é aquecido e umidificado nas vias aéreas superiores antes de alcançar os pulmões, e o ar expirado carrega consigo essa umidade. Em ambientes quentes e úmidos, a diferença entre a umidade do ar inspirado e a do ar expirado é pequena. No frio, o ar é extremamente seco, pois a capacidade do ar de reter vapor de água diminui acentuadamente com a temperatura. Cada respiração, portanto, retira mais água do organismo. O vapor visível que se forma ao expirar em dias frios é a manifestação direta dessa perda.

As perdas respiratórias aumentam proporcionalmente à ventilação pulmonar. Durante o repouso, elas são modestas, mas durante o esforço físico intenso, quando a ventilação pode aumentar dez ou quinze vezes, tornam-se significativas. Em deslocamentos longos com carga, escavação de posições ou combate,



a perda respiratória de água pode representar parcela considerável do déficit hídrico diário. Freund e Sawka (1996) observam que o ar frio e seco é frequentemente apontado como fonte relevante de perda de água, embora a magnitude dessas perdas em condições operacionais ainda não tenha sido quantificada com precisão na literatura. Além disso, essa perda é acompanhada de perda de calor, já que o organismo gasta energia para aquecer e umidificar o ar inspirado.

5.5 SUDORESE SOB VESTUÁRIO E EQUIPAMENTO

A sudorese no frio parece contraditória, mas é frequente e muitas vezes intensa. O vestuário de inverno é projetado para reter calor, e o equipamento de proteção balística acrescenta uma camada impermeável ao vapor sobre o tronco. Quando o militar realiza esforço físico, a produção de calor metabólico excede a capacidade de dissipação através dessas camadas, a temperatura da pele sobe e as glândulas sudoríparas são ativadas. O suor produzido não evapora livremente, pois fica retido nas roupas, mas a perda de água é igualmente real (Castellani et al., 2006).

O problema é agravado por duas práticas comuns. A primeira é o excesso de vestuário, que o militar adota por receio do frio antes do esforço e não remove durante a atividade, seja por falta de oportunidade, seja porque remover camadas em combate é impraticável. A segunda é a impossibilidade de trocar roupas molhadas, pois em posições avançadas raramente há vestuário de reserva ou condições de secagem. O resultado é um ciclo em que o militar sua durante a atividade, perde água, molha o vestuário e, ao retornar ao repouso, sofre perda acelerada de calor pela umidade retida, o que pode desencadear tremor, que por sua vez aumenta o gasto energético e as perdas respiratórias.

Os manuais militares norte-americanos recomendam explicitamente o ajuste dinâmico das camadas de vestuário para evitar a sudorese, com remoção de camadas antes do esforço e reposição imediatamente após a sua conclusão (United States, 2016). Essa recomendação, embora correta, pressupõe condições de segurança e tempo que nem sempre existem no combate real, como demonstram os relatos do teatro ucraniano.

5.6 FATORES LOGÍSTICOS E COMPORTAMENTAIS

Aos mecanismos fisiológicos somam-se obstáculos práticos à ingestão de líquidos. A água congela em cantis e reservatórios flexíveis quando a temperatura cai abaixo de zero, especialmente nos tubos de sistemas de hidratação de mochila. A neve e o gelo não devem ser consumidos diretamente, pois exigem grande quantidade de calor corporal para serem derretidos e aquecidos, aumentando o risco de hipotermia, além de poderem conter contaminantes. Derretê-los com segurança requer fonte de calor e combustível, nem sempre disponíveis ou utilizáveis em razão do risco de detecção por drones e câmeras térmicas.

A água fria, por sua vez, é desagradável de beber quando o corpo já está frio, e muitos militares a



evitam. Bebidas quentes são muito mais aceitáveis e trazem o benefício adicional de contribuir para o aquecimento, mas sua preparação depende das mesmas condições de segurança e combustível. Por fim, a desidratação voluntária para reduzir a frequência urinária, já mencionada, é potencializada pela diurese induzida pelo frio e pela dificuldade de acesso a sanitários em posições de combate.

O Quadro 1 sintetiza os mecanismos de perda de água e os fatores que dificultam a reposição em ambientes frios, com indicação de sua relevância no contexto operacional ucraniano.

Quadro 1. Mecanismos de déficit hídrico em ambientes frios e sua expressão no contexto operacional

Mecanismo	Base fisiológica	Expressão no teatro ucraniano
Redução da sede	Vasoconstrição periférica eleva o volume central e suprime o estímulo de sede; redução estimada em cerca de 40% (Kenefick et al., 2004)	Militares em posição não percebem a necessidade de beber; a sede surge apenas com déficit já instalado
Diurese induzida pelo frio	Distensão atrial, liberação de peptídeo natriurético e supressão de vasopressina aumentam a excreção renal de água (Freund; Sawka, 1996)	Necessidade frequente de urinar em ambiente exposto estimula redução voluntária da ingestão
Perdas respiratórias	Ar frio e seco exige umidificação nas vias aéreas; perda proporcional à ventilação	Deslocamentos longos a pé com carga, escavação e combate elevam a ventilação e as perdas
Sudorese sob equipamento	Calor metabólico retido por vestuário e colete balístico ativa a sudorese; suor fica retido nas roupas	Múltiplas camadas, impossibilidade de ajuste durante o combate e ausência de roupa de reserva
Obstáculos logísticos	Congelamento da água, necessidade de combustível para derreter neve e aquecer líquidos	Suprimento a pé ou por drone, restrição a fontes de calor pelo risco de detecção térmica
Desidratação voluntária	Comportamento de evitar beber para reduzir micção ou pela aversão à água fria	Posições fixas com exposição ao inimigo e ausência de sanitários protegidos

Fonte: elaboração própria a partir da literatura citada.

6 EFEITOS DA DESIDRATAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO MILITAR

6.1 DEFINIÇÕES E MAGNITUDE

A desidratação é geralmente expressa como percentual de perda de massa corporal atribuível à perda de água. Uma perda de um por cento é considerada leve e muitas vezes assintomática. A partir de dois por cento, surgem efeitos mensuráveis sobre o desempenho em esforços de resistência, especialmente em ambientes quentes, e a partir de três a quatro por cento os efeitos tornam-se consistentes em praticamente todas as condições. Perdas superiores a cinco por cento comprometem seriamente a capacidade física e cognitiva e, acima de dez por cento, configuram risco de vida (Sawka et al., 2007; Cheuvront; Kenefick, 2014).

Para um militar de oitenta quilos, dois por cento correspondem a cerca de um litro e seiscentos mililitros de água, quantidade que pode ser perdida em algumas horas de atividade no frio sem reposição



adequada. Em operações de vários dias em posição, com ingestão limitada, os déficits podem acumular-se progressivamente, pois a reposição noturna, quando ocorre, raramente é suficiente para restabelecer o equilíbrio.

6.2 FUNÇÃO CARDIOVASCULAR E CAPACIDADE DE EXERCÍCIO

A redução do volume de água corporal diminui o volume plasmático, o que reduz o retorno venoso e o volume de ejeção do coração. Para manter o débito cardíaco, a frequência cardíaca aumenta, fenômeno conhecido como deriva cardiovascular. Montain e Coyle (1992) demonstraram que, durante exercício prolongado, a magnitude desse efeito é proporcional ao grau de desidratação: quanto maior o déficit hídrico, maior o aumento da frequência cardíaca e maior a elevação da temperatura central para a mesma carga de trabalho. Embora esse estudo tenha sido conduzido em ambiente temperado, o mecanismo cardiovascular subjacente é independente da temperatura ambiente.

A consequência prática é que o militar desidratado trabalha com uma reserva cardiovascular menor. Para a mesma tarefa, seu coração bate mais rápido, sua percepção de esforço é maior e sua capacidade de sustentar o trabalho é reduzida. Em deslocamentos a pé com carga, em escavação de posições ou em evacuação de feridos, isso se traduz em menor rendimento, fadiga precoce e maior risco de exaustão. A literatura sobre desempenho físico é consistente em demonstrar que a desidratação a partir de dois por cento reduz a capacidade de resistência aeróbia, e que o efeito é maior quanto mais longa a tarefa (Murray, 2007; Cheuvront; Kenefick, 2014).

6.3 TERMORREGULAÇÃO

A relação entre desidratação e termorregulação no frio é mais complexa do que no calor. No calor, a desidratação reduz a sudorese e o fluxo sanguíneo cutâneo, prejudicando a dissipação de calor e elevando a temperatura central. No frio, o problema é o inverso: trata-se de conservar e produzir calor. A questão que a fisiologia precisou responder foi se a desidratação compromete a capacidade de vasoconstrição ou de termogênese.

O estudo de referência sobre esse ponto foi conduzido por O'Brien, Young e Sawka (1998), que avaliaram as respostas termorregulatórias de indivíduos euidratados e hipoidratados, com déficit em torno de quatro por cento da massa corporal, durante exposição ao frio em repouso. Os resultados mostraram que a hipoidratação não alterou significativamente a temperatura central, a temperatura da pele, a resposta de tremor nem a vasoconstrição periférica durante a exposição avaliada. Os autores concluíram que, ao contrário do que ocorre no calor, a desidratação moderada não compromete diretamente as respostas termorregulatórias ao frio em repouso.

Esse resultado precisa ser interpretado com cuidado, pois não significa que a hidratação seja



irrelevante no frio. Em primeiro lugar, o estudo avaliou indivíduos em repouso, e a maior parte dos problemas operacionais ocorre na interação entre esforço, fadiga e exposição. Em segundo lugar, a desidratação reduz a capacidade de exercício, e o exercício é o principal meio de produção de calor em campo; um militar que se fadiga antes produz menos calor e permanece mais tempo em condição de risco. Em terceiro lugar, a desidratação compromete a perfusão das extremidades, o que, como se verá na seção seguinte, aumenta o risco de lesões periféricas pelo frio. Por fim, os efeitos da desidratação sobre a cognição e o julgamento reduzem a capacidade do militar de reconhecer os sinais de hipotermia em si mesmo e nos companheiros e de adotar medidas de proteção (Castellani et al., 2006).

Castellani e Tipton (2015), ao revisarem o tema, destacaram que a fadiga decorrente de exercício prolongado, frequentemente associada à desidratação e ao déficit energético, reduz a capacidade de resposta termorregulatória subsequente, com atenuação do tremor e da vasoconstrição. O frio, a fadiga e a desidratação formam, portanto, um conjunto de fatores que se reforçam mutuamente e cujo efeito combinado é maior do que a soma dos efeitos isolados.

6.4 COORDENAÇÃO MOTORA E DESTREZA

A destreza manual é uma das capacidades mais sensíveis ao frio, em razão da vasoconstrição e do resfriamento dos tecidos das mãos. A desidratação acrescenta um componente adicional, por sua ação sobre o sistema nervoso central e sobre a perfusão periférica. Estudos sobre desempenho psicomotor em condições de desidratação relatam redução da precisão, aumento do tempo de reação e maior variabilidade na execução de tarefas que exigem coordenação fina (Lieberman, 2007). Em termos militares, isso afeta o manejo de armamento, a troca de carregadores, a operação de equipamentos eletrônicos, a aplicação de torniquetes e curativos e a condução de veículos.

6.5 ATENÇÃO, COGNIÇÃO E TOMADA DE DECISÃO

Os efeitos cognitivos da desidratação são provavelmente os mais relevantes para o desempenho militar, pois afetam a capacidade de perceber ameaças, processar informações e tomar decisões sob pressão. A literatura sobre o tema cresceu consideravelmente nas últimas duas décadas. Lieberman (2007), em revisão crítica, concluiu que a desidratação a partir de dois por cento está associada a déficits em atenção sustentada, memória de trabalho e desempenho psicomotor, e que esses efeitos são amplificados pela combinação com estressores ambientais, privação de sono e esforço físico, condições típicas do combate.

Ganio e colaboradores (2011) demonstraram que uma desidratação leve, em torno de 1,6% da massa corporal, foi suficiente para prejudicar a vigilância e a memória de trabalho e para aumentar a sensação de fadiga, tensão e ansiedade em homens jovens saudáveis. Armstrong e colaboradores (2012) obtiveram resultados semelhantes em mulheres, com déficit de 1,4%, observando piora do humor, aumento da



percepção de dificuldade das tarefas e redução da concentração. Em ambos os estudos, os déficits ocorreram em níveis de desidratação que muitos militares experimentam rotineiramente sem perceber. Convém registrar, porém, que a literatura não é unânime quanto à magnitude desses efeitos: Cheuvront e Kenefick (2014), ao revisarem o conjunto de estudos disponíveis, consideraram pequeno o potencial da desidratação para comprometer a cognição e o atribuíram em parte ao desconforto e à distração, o que recomenda cautela na extrapolação dos achados para o ambiente operacional.

Em um contexto como o das posições defensivas ucranianas, onde o militar permanece por horas em vigilância, precisa distinguir ruídos de drones, interpretar movimentos no terreno e decidir rapidamente sobre o uso de armamento, uma redução da atenção sustentada e um aumento da irritabilidade têm consequências diretas para a segurança própria e da unidade. A desidratação, nesse sentido, não é apenas um problema de saúde, mas um fator de degradação da capacidade de combate.

6.6 CONVERGÊNCIA COM OS EFEITOS DO FRIO

Um aspecto que merece destaque é a semelhança entre os efeitos cognitivos e motores da desidratação e os da hipotermia leve. Ambos produzem redução da atenção, lentidão de raciocínio, irritabilidade, perda de destreza e dificuldade de julgamento. Em campo, é praticamente impossível distinguir qual dos dois processos é responsável pelos sintomas observados, e com frequência ambos estão presentes. Isso tem duas implicações. A primeira é que a correção da hidratação deve fazer parte de qualquer protocolo de resposta a sinais de comprometimento cognitivo no frio. A segunda é que o militar desidratado tem menor capacidade de reconhecer a própria hipotermia e de agir para corrigi-la, o que torna o déficit hídrico um fator de risco indireto, mas relevante, para lesões graves pelo frio.

7 DESIDRATAÇÃO E LESÕES PELO FRIO

7.1 CLASSIFICAÇÃO DAS LESÕES

As lesões pelo frio dividem-se em sistêmicas e localizadas. A hipotermia é a lesão sistêmica. As lesões localizadas subdividem-se em lesões por congelamento, em que os tecidos efetivamente congelam, e lesões sem congelamento, em que a exposição prolongada ao frio úmido, em temperaturas acima de zero, provoca dano vascular e nervoso. O congelamento ocorre tipicamente em temperaturas abaixo de zero, com vento, em extremidades expostas ou mal protegidas. A principal lesão sem congelamento é o pé de trincheira, também chamado de pé de imersão, que resulta da exposição dos pés à umidade e ao frio por períodos de muitas horas ou dias (Imray; Oakley, 2005; United States, 2005).

Dados epidemiológicos do Exército dos Estados Unidos indicam que as lesões pelo frio continuam a ocorrer em quantidade relevante mesmo em forças modernas, com predomínio do congelamento e das lesões sem congelamento nas extremidades, e que fatores como fadiga, desnutrição, desidratação e



vestuário inadequado estão consistentemente associados à sua ocorrência (DeGroot et al., 2003). Esses achados são coerentes com a experiência histórica e com os relatos do conflito ucraniano, nos quais o pé de trincheira aparece como uma das principais queixas dos soldados em posição durante o inverno (AFP, 2022; Texty.org.ua, s.d.).

7.2 MECANISMOS DE AGRAVAMENTO PELA DESIDRATAÇÃO

A desidratação agrava o risco de lesões periféricas pelo frio por pelo menos três vias. A primeira é a redução do volume plasmático, que intensifica a vasoconstrição periférica e reduz ainda mais o fluxo sanguíneo para as extremidades. O organismo desidratado, com menos volume circulante, prioriza o núcleo e sacrifica a periferia de forma mais acentuada, o que acelera o resfriamento dos tecidos das mãos e dos pés. A segunda é o aumento da viscosidade sanguínea, que dificulta a circulação nos pequenos vasos periféricos já comprometidos pela vasoconstrição e pelo frio. A terceira é a redução da capacidade de exercício e a fadiga precoce, que diminuem a produção de calor por atividade muscular e prolongam a exposição em condição de baixa perfusão (Castellani et al., 2006; Imray; Oakley, 2005).

Os manuais técnicos militares reconhecem explicitamente a desidratação como fator de risco para congelamento e lesões sem congelamento, e recomendam a manutenção da hidratação como medida preventiva ao lado da proteção das extremidades, da troca de meias e do aquecimento periódico dos pés (United States, 2005; United States, 2016). Essa recomendação é particularmente importante no caso do pé de trincheira, pois a condição se desenvolve lentamente, em temperaturas que não parecem perigosas, em militares que permanecem imóveis em posições alagadas e que, por estarem imóveis e com frio, bebem pouco.

7.3 HIPOTERMIA EM FERIDOS

Um aspecto específico do contexto de combate é a hipotermia em feridos. A perda de sangue reduz o volume circulante de forma abrupta, produzindo um efeito semelhante ao de uma desidratação grave e aguda. O ferido perde a capacidade de produzir calor por tremor e por atividade muscular, permanece imóvel, muitas vezes em contato com o solo frio e molhado, e pode esperar horas pela evacuação em razão do risco de drones e artilharia. Médicos militares ucranianos relataram que feridos chegavam aos postos de atendimento em hipotermia após longos períodos em campo aberto, e que a combinação de hemorragia e frio agravava significativamente o quadro (AFP, 2023).

A hipotermia no trauma faz parte da chamada tríade letal, juntamente com a acidose e a coagulopatia, e aumenta de forma marcante a mortalidade. Embora a hidratação prévia do militar não impeça esse processo, um ferido que já estava desidratado antes do trauma parte de uma condição pior, com menor volume circulante, menor reserva cardiovascular e menor tolerância à perda de sangue. A



manutenção da hidratação da tropa é, portanto, também uma medida de preparação para a eventualidade do ferimento.

8 IMPLICAÇÕES OPERACIONAIS E ESTRATÉGIAS DE PREVENÇÃO

8.1 RECONHECER O PROBLEMA

A primeira implicação é de natureza conceitual. A desidratação no frio precisa ser reconhecida como um risco operacional real, tratado com a mesma seriedade que a desidratação no calor. Isso exige que o planejamento de operações de inverno inclua o balanço hídrico como variável, que a instrução das tropas aborde explicitamente os mecanismos de perda de água no frio e que os comandantes de pequenas frações sejam treinados para monitorar a ingestão de líquidos de seus subordinados e reconhecer os sinais de déficit.

8.2 INGESTÃO PROGRAMADA

Como a sede não é confiável no frio, a ingestão de líquidos deve ser programada e não deixada à iniciativa individual. As recomendações da literatura e dos manuais militares convergem para a adoção de ingestão regular, em pequenos volumes, ao longo de todo o período de atividade, com reforço antes e depois dos deslocamentos e dos esforços físicos (Sawka et al., 2007; United States, 2016). Os comandantes de fração podem estabelecer horários de hidratação coletiva, em que todos bebem simultaneamente, prática que remove a barreira da iniciativa individual e permite verificação visual. Em posições fixas, a troca de turno de vigilância é um momento natural para essa rotina.

As quantidades necessárias variam com o nível de atividade, mas as estimativas da literatura para trabalho físico moderado a intenso em ambiente frio situam-se entre três e seis litros por dia, podendo ser maiores em esforços prolongados com carga. Esses valores são semelhantes aos recomendados para ambientes quentes e superam em muito a ingestão habitual relatada por militares em campanhas de inverno (Institute of Medicine, 1996). O Quadro 2 apresenta um conjunto de medidas práticas organizadas por nível de responsabilidade.

8.3 ÁGUA EM ESTADO LÍQUIDO E ACEITÁVEL

A disponibilidade de água em estado líquido é um problema logístico que exige soluções específicas. Cantis e reservatórios devem ser transportados junto ao corpo, sob o vestuário, para aproveitar o calor corporal, e os tubos de sistemas de hidratação devem ser isolados ou esvaziados após o uso, com o ar soprado de volta para o reservatório. Garrafas térmicas, embora mais pesadas, permitem manter líquidos quentes por várias horas e aumentam consideravelmente a aceitação. Sempre que a situação tática permitir, bebidas quentes devem ser preferidas, pois combinam hidratação, aquecimento e aporte calórico. O chá e as sopas são tradicionalmente utilizados por forças que operam no frio com essa finalidade.



Quando a única fonte de água disponível for a neve ou o gelo, eles devem ser derretidos e, idealmente, aquecidos antes do consumo, com uso de fogareiros de baixa assinatura térmica e em locais protegidos da observação. O consumo direto de neve deve ser evitado, pois reduz a temperatura central e fornece pouca água por volume. A purificação da água obtida em campo permanece necessária, já que o frio não elimina contaminantes microbiológicos.

8.4 GESTÃO DA SUDORESE E DO VESTUÁRIO

A redução da sudorese sob equipamento é ao mesmo tempo uma medida de conservação de água e de prevenção da hipotermia. O princípio é o ajuste dinâmico das camadas: iniciar o esforço com menos roupa do que o conforto em repouso sugeriria, remover camadas aos primeiros sinais de aquecimento e recolocá-las imediatamente ao cessar o esforço, antes que o resfriamento se instale. Roupas de base que afastem a umidade da pele e camadas externas que permitam a ventilação ajudam a reduzir o acúmulo de suor. Sempre que possível, meias e roupas de base devem ser trocadas ao chegar à posição, e as peças molhadas devem ser secas junto ao corpo ou em abrigo aquecido (United States, 2016).

No contexto ucraniano, onde o ajuste de camadas durante o deslocamento é frequentemente impossível pelo risco de observação e ataque, a solução passa pelo planejamento da carga e do ritmo de marcha, com previsão de paradas protegidas para ajuste de vestuário e hidratação, e pela escolha de materiais que minimizem o acúmulo de umidade.

8.5 ALIMENTAÇÃO E ENERGIA

A hidratação não pode ser dissociada da alimentação. O frio aumenta o gasto energético, tanto pelo tremor quanto pelo esforço adicional de deslocamento em neve e lama e pelo peso do vestuário. A ingestão calórica insuficiente reduz a capacidade de produção de calor e a tolerância ao frio, e grande parte da água ingerida diariamente provém dos alimentos. Soldados ucranianos relataram desejo constante de açúcar durante o inverno em posição (Texty.org.ua, s.d.), o que reflete a elevada demanda energética. Rações para operações de inverno devem ter densidade calórica elevada, ser consumíveis sem preparo e, idealmente, incluir componentes que possam ser dissolvidos em água quente, combinando hidratação e nutrição.

8.6 MONITORAMENTO

O monitoramento do estado de hidratação em campo pode ser feito com indicadores simples. A coloração da urina é o mais acessível: urina clara ou amarelo-pálida indica hidratação adequada, enquanto urina escura e de pequeno volume indica déficit. A frequência urinária, a presença de sede intensa, dor de cabeça, irritabilidade, fadiga desproporcional e redução da destreza são sinais complementares. Quando houver condições, a pesagem antes e depois de deslocamentos ou turnos permite estimar o déficit com



razoável precisão. Comandantes de fração devem incluir a verificação desses indicadores nas rotinas de inspeção, da mesma forma que verificam os pés em busca de sinais de pé de trincheira (United States, 2005).

8.7 TREINAMENTO E ACLIMATAÇÃO

Por fim, a preparação para operações de inverno deve incluir exposição progressiva ao frio em treinamento, para que o militar aprenda a reconhecer os sinais de déficit hídrico e de hipotermia em si mesmo e nos companheiros, desenvolva o hábito da ingestão programada e domine as técnicas de manutenção da água em estado líquido. A aclimação ao frio produz adaptações fisiológicas modestas, mas o aprendizado comportamental é consistente e tem efeito duradouro sobre a redução de baixas ambientais (Castellani; Young, 2016).

Quadro 2. Medidas de prevenção da desidratação em operações de inverno, por nível de responsabilidade

Nível	Medidas
Individual	Beber em horários fixos, sem esperar a sede; transportar água junto ao corpo; preferir líquidos quentes; não consumir neve diretamente; ajustar camadas de vestuário para evitar sudorese; observar cor e frequência da urina; não reduzir a ingestão para evitar urinar.
Comandante de fração	Estabelecer rotina de hidratação coletiva, especialmente nas trocas de turno; verificar ingestão de líquidos e estado dos pés nas inspeções; prever paradas protegidas para ajuste de vestuário e hidratação durante deslocamentos; reconhecer sinais de déficit hídrico e hipotermia leve e retirar temporariamente o militar afetado.
Logística	Priorizar o suprimento de água e de meios de aquecimento junto com munição e alimentação; fornecer garrafas térmicas e isolamento para sistemas de hidratação; prover combustível e fogareiros de baixa assinatura térmica; incluir rações de alta densidade calórica e preparações solúveis em água quente; garantir meios de purificação de água.
Instrução e saúde	Ensinar os mecanismos de perda de água no frio e a confiabilidade da sede; treinar o reconhecimento de sinais de desidratação, hipotermia e lesões periféricas; realizar exposição progressiva ao frio em treinamento; incluir o balanço hídrico no planejamento sanitário de operações de inverno.

Fonte: elaboração própria a partir de Sawka et al. (2007), Castellani et al. (2006), United States (2005; 2016) e Institute of Medicine (1996).

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida neste artigo permite afirmar que a hidratação constitui um componente essencial, embora frequentemente negligenciado, da capacidade operacional de militares em condições de inverno extremo. Os mecanismos fisiológicos descritos na literatura mostram que o frio não protege contra a desidratação; ao contrário, ele a favorece por meio da redução da sede, da diurese induzida pelo frio, do aumento das perdas respiratórias e da sudorese sob vestuário pesado, ao mesmo tempo em que dificulta a reposição de líquidos por obstáculos logísticos e comportamentais. O déficit hídrico resultante compromete



a função cardiovascular, reduz a capacidade de exercício, prejudica a destreza, a atenção e a tomada de decisões, e aumenta o risco de lesões periféricas pelo frio, além de reduzir a capacidade do militar de reconhecer e corrigir a própria condição.

O conflito na Ucrânia evidencia, em escala e duração sem precedentes nas últimas décadas, as condições em que esses mecanismos se manifestam: posições fixas mantidas por longos períodos, deslocamentos a pé com carga por grandes distâncias, restrição severa ao uso de fontes de calor pelo risco de detecção, suprimento precário e alternância entre frio intenso e umidade. Os relatos de pé de trincheira, hipotermia em feridos e dificuldade de aquecimento nas linhas de frente são coerentes com o que a fisiologia prevê e com o que a história militar registrou em campanhas anteriores.

Três conclusões principais podem ser extraídas. A primeira é que a hidratação no frio deve ser tratada como problema de comando e de logística, e não apenas de responsabilidade individual, pois a sede não é confiável e a iniciativa do militar é insuficiente para garantir a reposição. A segunda é que a hidratação, a gestão da sudorese, a alimentação e a prevenção da hipotermia constituem um conjunto integrado de medidas, e não problemas separados, de modo que a abordagem de qualquer um deles deve considerar os demais. A terceira é que a preparação para operações de inverno exige treinamento específico, com exposição progressiva ao frio e desenvolvimento de hábitos de hidratação programada, para que as medidas preventivas sejam incorporadas antes do emprego real.

As limitações deste trabalho decorrem da natureza das fontes disponíveis sobre o conflito ucraniano, que não permitem quantificar a prevalência de desidratação ou de lesões pelo frio entre as tropas. Pesquisas futuras, conduzidas por serviços de saúde militar com acesso a dados de campo, poderiam preencher essa lacuna e aferir a eficácia das medidas preventivas em condições reais de combate. De qualquer modo, o conhecimento fisiológico já disponível é suficiente para orientar a doutrina, a instrução e a logística de forças que possam vir a operar em ambientes frios, e o conflito ucraniano oferece a essas forças uma oportunidade de aprendizado que não deveria ser desperdiçada.

REFERÊNCIAS

AFP. Power cuts and trench foot: winter bites on Ukraine's Donbas front. **International Business Times**, nov. 2022. Disponível em: <https://www.ibtimes.com/power-cuts-trench-foot-winter-bites-ukraines-donbas-front-3640046>. Acesso em: 8 out. 2026.

AFP. Cold, mud and mice: Ukraine enters second winter of war. **The Business Standard**, Dhaka, nov. 2023. Disponível em: <https://www.tbsnews.net/worldbiz/europe/cold-mud-and-mice-ukraine-enters-second-winter-war-743610>. Acesso em: 8 out. 2026.

ARMSTRONG, L. E. et al. Mild dehydration affects mood in healthy young women. **The Journal of Nutrition**, v. 142, n. 2, p. 382-388, 2012.



- CASTELLANI, J. W. et al. American College of Sports Medicine position stand: prevention of cold injuries during exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 38, n. 11, p. 2012-2029, 2006.
- CASTELLANI, J. W.; TIPTON, M. J. Cold stress effects on exposure tolerance and exercise performance. **Comprehensive Physiology**, v. 6, n. 1, p. 443-469, 2015.
- CASTELLANI, J. W.; YOUNG, A. J. Human physiological responses to cold exposure: acute responses and acclimatization to prolonged exposure. **Autonomic Neuroscience**, v. 196, p. 63-74, 2016.
- CHEUVRONT, S. N.; KENEFICK, R. W. Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. **Comprehensive Physiology**, v. 4, n. 1, p. 257-285, 2014.
- DEGROOT, D. W. et al. Epidemiology of U.S. Army cold weather injuries, 1980-1999. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 74, n. 5, p. 564-570, 2003.
- FREUND, B. J.; SAWKA, M. N. Influence of cold stress on human fluid balance. In: MARRIOTT, B. M.; CARLSON, S. J. (ed.). **Nutritional needs in cold and high-altitude environments**: applications for military personnel in field operations. Washington: National Academies Press, 1996. p. 161-180.
- GANIO, M. S. et al. Mild dehydration impairs cognitive performance and mood of men. **British Journal of Nutrition**, v. 106, n. 10, p. 1535-1543, 2011.
- IMRAY, C. H. E.; OAKLEY, E. H. N. Cold still kills: cold-related illnesses in military practice freezing and non-freezing cold injury. **Journal of the Royal Army Medical Corps**, v. 151, n. 4, p. 218-222, 2005.
- INSTITUTE OF MEDICINE. **Nutritional needs in cold and high-altitude environments**: applications for military personnel in field operations. Washington: National Academies Press, 1996.
- KENEFICK, R. W. et al. Thirst sensations and AVP responses at rest and during exercise-cold exposure. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 9, p. 1528-1534, 2004.
- LIEBERMAN, H. R. Hydration and cognition: a critical review and recommendations for future research. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 26, n. 5, suppl., p. 555S-561S, 2007.
- MONTAIN, S. J.; COYLE, E. F. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 73, n. 4, p. 1340-1350, 1992.
- MURRAY, B. Hydration and physical performance. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 26, n. 5, suppl., p. 542S-548S, 2007.
- O'BRIEN, C.; YOUNG, A. J.; SAWKA, M. N. Hypohydration and thermoregulation in cold air. **Journal of Applied Physiology**, v. 84, n. 1, p. 185-189, 1998.
- SAWKA, M. N. et al. American College of Sports Medicine position stand: exercise and fluid replacement. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n. 2, p. 377-390, 2007.
- TEXTY.ORG.UA. **"People are capable of much more than they imagine"**: how Ukrainian soldiers are coping with the bitter cold. Kyiv, [s.d.]. Disponível em: <https://texty.org.ua/articles/116836/people-are-capable-of-much-more-than-they-imagine-how-ukrainian-soldiers-are-coping-with-the-bitter-cold/>.



Acesso em: 8 out. 2026.

UNITED STATES. Department of the Army. **TB MED 508**: prevention and management of cold-weather injuries. Washington: Headquarters, Department of the Army, 2005.

UNITED STATES. Department of the Army. **ATP 3-90.97**: mountain warfare and cold weather operations. Washington: Headquarters, Department of the Army, 2016.