

Deco Stop

Ready to dive?

Edição 61



**SNSI realiza, com
sucesso, encontro
anual de instrutores.**



Revista DecoStop

08

A Relação Entre Profissionalismo, Caráter e Segurança no Mergulho

11

Por que Guarapari foi considerada "A Capital da Biodiversidade Marinha"?

19

O mar de 7 cores em San Andrés

26

Os diferentes sistemas de aproveitamento de gás em rebreathers modernos: CCR e SCR

28

Comparação entre o emprego militar e civil

31

Impacto psicológico e estresse nos contextos militar e civil

47

Inspiration Rebreather

49

O Básico Funciona



Rebreathers: a fronteira entre Operações Militares e Exploração Civil

Por Cláudio Ferreira

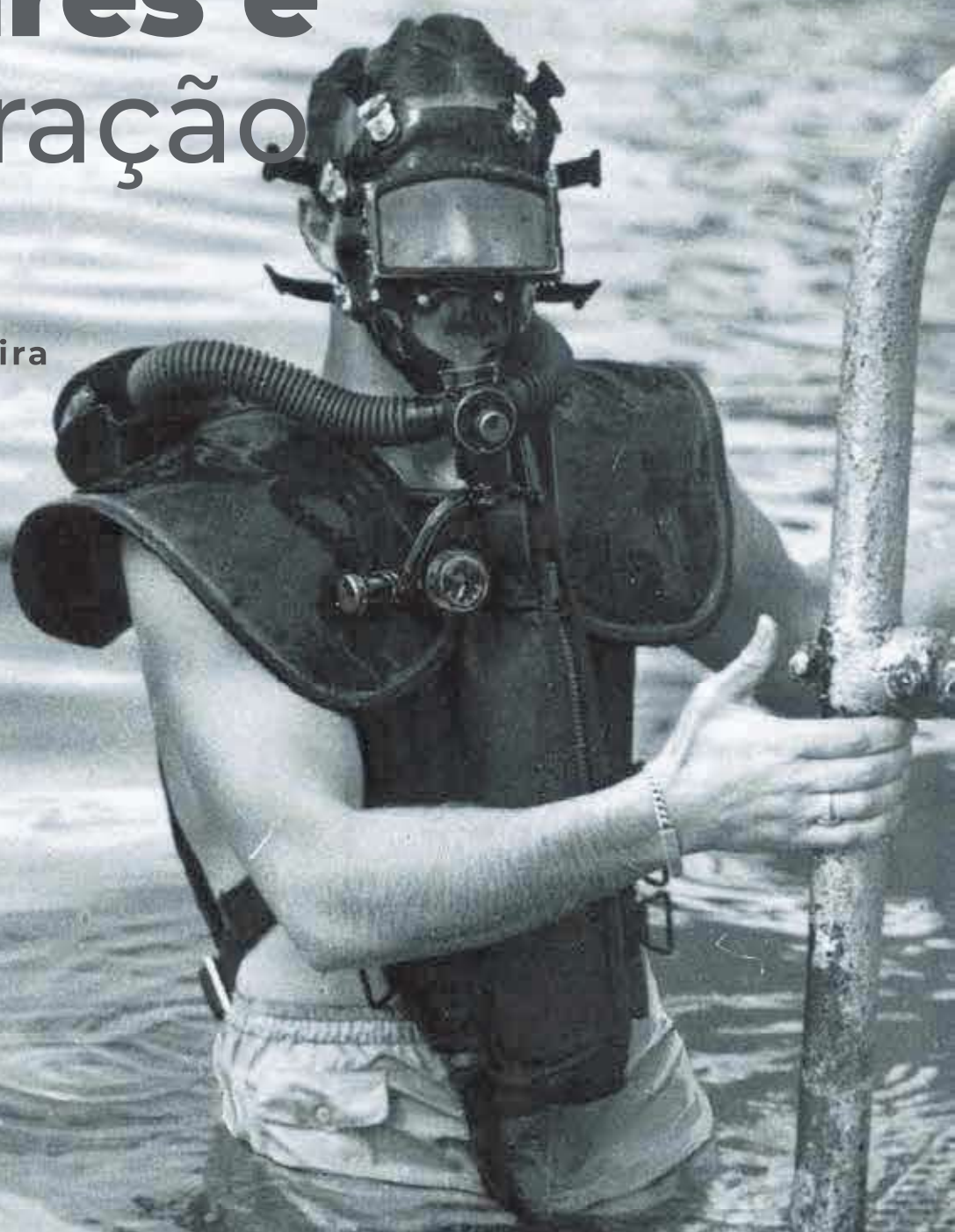


Fig. 1 - Lambertsen Amphibious Respiratory Unit (LARU) durante a 2ª Guerra Mundial

Desde o século XIX, o mergulho com rebreathers, equipamentos capazes de reciclar o ar exalado pelo mergulhador, tem evoluído de engenhos experimentais para sistemas avançados de mergulho tanto no meio militar quanto no civil. A primeira tentativa documentada de uso de um dispositivo de circuito fechado ocorreu em 1878, quando o engenheiro britânico Henry Fleuss inventou um rebreather que usava oxigênio puro e um sistema de cal sodada para absorver o dióxido de carbono exalado. Fleuss testou o equipamento em operações de reparo subaquático e, embora seu aparelho tivesse uma duração limitada e fosse arriscado, estabeleceu as bases para um novo tipo de tecnologia de mergulho.

Na Segunda Guerra Mundial, as forças militares, especialmente a Marinha Italiana, adotaram o uso de rebreathers em missões de guerra, onde a ausência de bolhas era crucial para manter a furtividade. E ao longo do século XX, cientistas e engenheiros como Christian Lambertsen, contribuíram para o aprimoramento dessa tecnologia. Lambertsen, que

é frequentemente reconhecido como o inventor do rebreather moderno, desenvolveu o “Lambertsen Amphibious Respiratory Unit” (LARU) [Fig. 1] para a Marinha dos Estados Unidos, que teve um papel importante em operações especiais. Ato contínuo, marinhas como a do Reino Unido e a de Israel também investiram em pesquisas e desenvolveram equipamentos de natureza essencialmente militar.

Nas décadas de 1960 e 1970, com o desenvolvimento de válvulas mais eficientes e o uso de misturas de gases, essas máquinas maravilhosas começaram a ser utilizadas também em mergulhos científicos e técnicos. Ou seja, esse avanço possibilitou o uso civil, especialmente em explorações de cavernas e naufrágios. Hoje, os rebreathers continuam a evoluir, transformando-se em ferramentas essenciais tanto para o mergulho militar de exércitos do mundo inteiro, incluindo as Forças Armadas brasileiras (abrangendo Marinha do Brasil e Exército Brasileiro), quanto para o mergulho técnico e recreativo civil.

Os diferentes sistemas de aproveitamento de gás em rebreathers modernos: CCR e SCR

Os rebreathers são dispositivos essencialmente autônomos de respiração que operam por meio da reciclagem do ar exalado pelo mergulhador, removendo o dióxido de carbono (CO_2) e ajustando a concentração de oxigênio (O_2) conforme necessário para manter uma mistura respirável. Esse processo ocorre de forma cíclica, utilizando componentes conhecidos como “contra-pulmões” – sacos flexíveis que armazenam o gás respiratório entre as inalações e exalações. Ao exalar, o gás passa por um filtro químico (scruber) de cal sodada que retira o

CO_2 antes de ser recirculado, enquanto sensores monitoram a concentração de O_2 , injetando oxigênio puro na medida da necessidade.

Existem dois tipos principais de rebreathers: o circuito fechado (CCR, ou Closed Circuit Rebreather) e o circuito semiaberto (SCR, ou Semi-Closed Rebreather). No CCR, todo o gás exalado é recirculado após a remoção do CO_2 , com a dosagem de oxigênio realizada de forma automática ou manual para manter uma mistura respirável precisa. Esse ci-



Fig. 2 – Cabeça Eletrônica do rebreather Sidewinder 2 com três sensores de oxigênio e o computador Shearwater Petrel

clo contínuo permite ao mergulhador respirar sem a emissão de bolhas, sendo ideal para mergulhos profundos e longos, nos quais a discricção e a economia de gás são essenciais.

O SCR, por outro lado, expulsa parte do gás exalado e adiciona gás fresco a cada ciclo, mantendo uma mistura segura e constante. Essa configuração, embora menos eficiente que o CCR em termos de economia de gás, é mais simples e acessível, sendo ideal para mergulhos de profundidade média, em que o fluxo constante de gás aumenta a segurança, e a eliminação completa de bolhas não é um requisito essencial.

O emprego determina o sistema das máquinas: Eletrônicos vs. Mecânicos

Como já se sabe, os rebreathers desempenham um papel essencial tanto em operações militares quanto em explorações civis. No entanto, a escolha es-

pecífica do equipamento tem sido orientada pela natureza da atividade, indicando que a principal linha divisória entre as aplicações civis e militares não está apenas entre os sistemas CCR ou SCR, mas sim entre as máquinas eletrônicas e mecânicas.

No âmbito civil, os rebreathers eletrônicos dominam em aplicações recreativas e técnicas que exigem profundidade, precisão e conforto. Esses dispositivos utilizam sistemas sensores de oxigênio, solenoides e computadores de mergulho para monitorar e ajustar automaticamente a concentração de oxigênio [Fig. 2], assegurando uma mistura respiratória ideal para o mergulhador em cada profundidade. A precisão desses sistemas torna o uso intuitivo, reduzindo a carga operacional do mergulhador e permitindo maior controle da respiração. Estudos da Divers Alert Network (DAN) reforçam que os rebreathers eletrônicos são ideais para empregos civis, proporcionando um controle automático e seguro da mistura respiratória, reduzindo assim a complexidade e o esforço físico.



Fig. 3 – Rebreather mecânico FROGS

Em contrapartida, os rebreathers mecânicos, como o Dräger LAR V e o FROGS “Full Range Oxygen Gas System” (Sistema de Gás Oxigênio de Alcance Total) da Aqualung [Fig. 3], são preferidos em operações militares, nas quais a robustez e a simplicidade sobressaem-se. Ao contrário dos modelos eletrônicos, esses sistemas dispensam sensores e mecanismos automáticos, operando de maneira essencialmente mecânica e, importante salientar, imunes à possibilidade de interferências eletromagnéticas. Através de válvulas e alavancas controladas manualmente, o mergulhador ajusta a concentração de oxigênio de forma independente, eliminando a necessidade de componentes eletrônicos que poderiam falhar sob condições extremas ou em cenários de interferência eletromagnética. Essa simplicidade de operação é estratégica para forças militares em ambientes hostis, pois reduz o risco de pane técnicas e permite que o equipamento funcione de forma confiável em cenários imprevisíveis.

De fato, não resta dúvida de que a escolha entre rebreathers eletrônicos e mecânicos acaba sendo definida pelo ambiente e propósito da atividade.

Comparação entre o emprego militar e civil

O emprego de rebreathers nos contextos militar e civil reflete necessidades e desafios específicos, moldados por fatores operacionais, ambientais e físicos.

No meio civil, os rebreathers maximizam a segurança e a autonomia no mergulho, permitindo controle preciso e conforto, minimizando a exigência física do mergulhador, além de garantir uma operação silenciosa, essencial para mergulhadores técnicos, pesquisadores, fotógrafos subaquáticos e biólogos marinhos, que buscam observar ecossistemas sensíveis sem causar distúrbios, além dos caverneiros extremos, que desejam evitar a precipitação de sedimentos pelo choque das bolhas com o teto de ambientes instáveis, o silt. Estudos como os publicados na *Journal of Diving and Hyperbaric Medicine*, confirmam que o uso de rebreathers em explorações civis aumenta a segurança e permite ao mergulhador atingir maior profundidade com menor consumo de gás, otimizando a duração e a

qualidade do mergulho, tenha ele objetivo recreativo ou comercial.

Em contraste, rebreathers são empregados no contexto militar para operações de infiltração, aproximação, reconhecimento e resgate em ambientes hostis, busca e reflutuação de pessoal e material, inspeções e pequenos reparos de embarcações, reconhecimento, sabotagem, ações diretas de combate, extração de pessoal ou material, balizamento de margens, lançamento de obstáculos, abertura de brechas e demolições subaquáticas [Fig. 4]. Na maioria das vezes, essas atividades são executadas com o emprego de meios de deslocamento combinados, como uso de botes e lançamentos de paraquedas, e sempre acompanhadas do fator “risco iminente de contato com tropa inimiga”. Naturalmente, a ausência de bolhas, característica essencial dessas máquinas, permite um alto nível de discrição, indispensável para missões de combate.



Fig. 4 – CIOpEsp, crédito Cap Dimas

Embora ambos os setores demandem precisão e segurança para o uso do rebreather, pode-se dizer que os contextos militar e civil diferem essencialmente pelo patamar mínimo de exigências associadas, por parte do operado. O emprego militar exige mais resiliência, treinamento de emprego

associado com outras habilidades e robustez física para suportar as exigências características das operações militares; o contexto civil prioriza a facilidade de operação e a segurança, ainda que na execução de operações comerciais de natureza complexa.

Treinamento militar e preparação civil para o uso de rebreathers

O treinamento para o uso de rebreathers no contexto militar é rigoroso e minuciosamente planejado para demandas de alto risco pessoal. No Centro de Instrução de Operações Especiais (CIOp Esp) do Exército Brasileiro, situado na cidade de Niterói, por exemplo, ao cursarem o Estágio de Mergulho a Oxigênio (EMOX) com o rebreather mecânico FROGS, os militares das Forças Especiais brasileiras são submetidos, repetidamente, a uma série de exercícios que simulam cenários extremos. Estes incluem natação de longa distância, resistência respiratória em piscina profunda e simulações de resgate subaquático, com a integração de armamentos, instrumentos de navegação subaquática para longas distân-

cias [Fig. 5] e outros equipamentos de combate, preparando os militares para missões em diversos tipos de cenários e em situações prolongadas.



Fig. 5 – CIOpEsp, crédito Cap Dimas

Na Marinha do Brasil, o Curso Expedito de Mergulho Autônomo com Circuito Fechado (C Exp MAut Gás) segue uma abordagem semelhante, treinando os militares para o uso do rebreather em missões marítimas complexas. Esse curso técnico prepara os mergulhadores para enfrentar condições adversas, cobrindo todos os aspectos de operação do FROGS e garantindo que os mergulhadores possam operar com precisão mesmo em cenários de baixa visibilidade e alta pressão.

Além das habilidades técnicas, o treinamento militar enfatiza fortemente o preparo psicomotor [Fig. 6] e emocional. Mergulhadores militares devem ser capazes de manusear com destreza e precisão tanto os equipamentos de respiração quanto os de combate, especialmente em condições de visibilidade limitada. Do ponto de vista emocional, o controle do estresse é essencial, pois a capacidade de tomar decisões rápidas e manter a calma sob pressão é crucial em operações de combate. Forças de elite como os Navy SEALs, por exemplo, desenvolvem técnicas específicas de controle de respiração e resiliência emocional, incluindo exercícios como meditação e simulações de situações de alto estresse para preparar os mergulhadores aos desafios únicos do combate subaquático.

No setor civil, o treinamento para o uso de rebreathers é igualmente estruturado, mas com foco na segurança e eficiência do equipamento. Centros de mergulho especializados oferecem cursos que abordam a configuração, monitoramento e operação das máquinas em cenários técnicos como a exploração de cavernas e naufrágios. Esses cursos incluem simulações de situações emergenciais e instruções detalhadas sobre a gestão do consumo de oxigênio e procedimentos de resgate. Embora o treinamento civil não atinja os mesmos níveis de intensidade física e psicológica exigidos no meio militar, a prática contínua e o conhecimento técnico são igualmente essenciais para garantir a segurança em ambientes de difícil acesso e em situações de mergulho prolongado.

Portanto, o treinamento militar para rebreathers é marcado por uma abordagem que integra habilidades técnicas, preparo físico e controle emocional para operações em ambientes extremos, enquanto o treinamento civil concentra-se no domínio técnico, na segurança e, eventualmente, na capacitação para execução de tarefas comerciais.



Fig. 5 – CIOpEsp, crédito Cap Dimas



Fig. 5 – CIOpEsp, crédito Cap Dimas

Impacto psicológico e estresse nos contextos militar e civil

O impacto psicológico e o gerenciamento do estresse ao utilizar rebreathers variam substancialmente entre os empregos militar e civil, devido às demandas e exigências específicas de cada ambiente.

No setor civil, o uso de rebreathers, apesar de envolver controle emocional e resposta a emergências, ocorre em cenários relativamente controlados e previsíveis. Mergulhadores civis enfrentam desafios intensos em explorações técnicas, como mergulhos em cavernas profundas ou naufrágios remotos, mas seu foco está na autossuficiência e na gestão de problemas técnicos em prol da segurança pessoal. Essas situações exigem que o mergulhador mantenha a calma e resolva eventuais emergências, mas a pressão é essencialmente interna e autoguiada. Para muitos mergulhadores civis, o uso de rebreathers representa inclusive uma experiência de auto satisfação, associada a um sentimento de conquista ao superar limites antes inatingíveis

com equipamentos convencionais.

Em contraste, mergulhadores militares enfrentam um nível mais elevado de estresse psicológico e físico, moldado pelas demandas operacionais de combate. Estudos como o de Michael Tipton e Frank Golden, publicado pelo Institute of Naval Medicine em 2009, destacam que os desafios enfrentados pelos mergulhadores militares vão além das exigências técnicas, envolvendo condições extremas de resistência física e privação sensorial [Fig. 7]. Em operações de combate subaquático, onde o silêncio absoluto e a precisão dos movimentos são críticos para a segurança da equipe, a detecção pelo inimigo é uma ameaça constante, intensificando a carga emocional da atividade. O treinamento militar, como já foi dito anteriormente, precisa estar focado em resiliência emocional e controle psicológico, abordando não apenas habilidades técnicas, mas também o gerenciamento do estresse extremo.

Além do treinamento convencional, os mergulhadores militares realizam simulações que incluem situações de combate e resolução de falhas em condições inesperadas, preparando-os para cenários dinâmicos e imprevisíveis. Esses treinamentos ensinam os operadores a manter a concentração sob privação sensorial e a tomar decisões rápidas e precisas, mesmo em condições adversas em que qualquer erro pode ter consequências fatais. Segundo Tipton e Golden, o treinamento em resiliência emocional e técnicas de controle de respiração é essencial para que os mergulhadores militares gerenciem o estresse subjacente às missões e preservem a eficiência operacional. Publicações como as do *Journal of Special Operations Medicine* enfatizam que esse tipo de treinamento específico é determinante para a segurança e o desempenho de operações militares subaquáticas, ajudando os operadores a manterem-se alertas e operacionais, mesmo em momentos de pressão extrema.

As demandas psicológicas entre os dois contextos refletem a diferença de propósito e as realidades de cada setor. Dessa forma, o mesmo equipamento, embora tecnologicamente similar, desafia e molda o usuário de maneiras distintas, exigindo no ambiente militar um nível de preparação emocional e resiliência incomparável.

Conclusão

Os rebreathers representam um ponto de con-

vergência fascinante entre as operações militares e a exploração civil. No campo militar, eles são uma ferramenta estratégica essencial, permitindo que operações sejam realizadas com discrição e eficiência, especialmente em condições em que o silêncio e a invisibilidade são cruciais. A simplicidade robusta dos modelos mecânicos e o alto nível de exigência do treinamento militar asseguram que esses dispositivos atendam às necessidades específicas das Forças Especiais em todo o mundo.

No campo civil, os rebreathers abriram novas possibilidades de exploração. O desenvolvimento de rebreathers eletrônicos de fácil manuseio democratizou o acesso a profundezas antes inexploradas, permitindo a mergulhadores civis explorar naufrágios, cavernas e ecossistemas profundos de forma segura e eficiente. Essa popularização reflete um avanço significativo na tecnologia de mergulho e no entendimento das limitações e possibilidades do corpo humano em ambientes subaquáticos extremos.

Seja para missões militares ou para exploração civil, o rebreather simboliza a interseção entre a capacidade tecnológica e o potencial humano, ampliando fronteiras e permitindo que novas gerações de mergulhadores alcancem profundidades que antes eram exclusivas dos peixes.

Agradecimentos

Meu agradecimento ao Comandante do Centro



Fig 8 – crédito Coronel R1 Luiz Cláudio (autor)

de Instrução de Operações Especiais (CIOpEsp) [Fig. 8], o Cel Inf QEMA Gian Dermário da Silva, pela generosa oportunidade concedida ao abrir as portas da Escola de Mergulho do Exército, sob tutela da sua Organização Militar (OM). Essa concessão permitiu o aprofundamento em diversos aspectos do mergulho militar com rebreather, guardada a devida reserva de conhecimentos estratégicos e doutrina de emprego militar restritas. A experiência proporcionada, abrangendo desde a preparação de quadros até o manuseio da máquina FROGS, foi de valor inestimável e enriqueceu significativamente o entendimento sobre as exigências e desafios dessa área tão singular.

Destaco ainda a relevância da missão dessa respeitável Organização Militar do Exército Brasileiro, reserva de combate mais nobre à disposição do Comando da Força, que combina excelência técnica, preparação meticulosa e um compromisso irrestrito com a defesa da nação. A figura do militar das Forças Especiais, cuja abnegação e coragem erguem-se como exemplo ímpar de dedicação e profissionalismo, é uma fonte de inspiração e de imenso respeito para todos nós.

Reitero meus agradecimentos pela acolhida, pelo compartilhamento de conhecimento e pela fidalguia demonstrada em todas as interações. Que o espírito de excelência que permeia aquela Unidade continue a ser uma referência para todos que compartilham do compromisso com a segurança e o futuro do nosso país.

Agradecimento de mesmo peso específico ao Capitão de Infantaria Dimas Corrêa Toscano de Oliveira e ao Sargento de Infantaria Raimundo Felinto de Melo, coordenadores da Escola de Mergulho do Exército e integrantes do corpo de instrução do CIOpEsp, que foram designados para guiar-me no universo seletivo dos mergulhadores a oxigênio das Operações Especiais do Brasil e o fizeram com extrema cortesia e senso de compromisso.

FORÇA !!!

Fontes de Consulta

- Fleuss, H. (1878). "Submarine Operations and Devices."
- Lambertsen, C. J. (1940s). "Development of Closed Circuit Oxygen Rebreathers." Naval Research Laboratory.
- Journal of Diving and Hyperbaric Medicine: Divers' Rebreather Usage and Technological Advances.
- Journal of Special Operations Medicine: Psychological and Physical Training for Military Divers.
- Ambient Pressure Diving (fabricante): "Inspiration Closed Circuit Rebreathers."
- US Navy (2006). "19". US Navy Diving Manual, 6th revision. United States: US Naval Sea Systems Command. p. 13. Retrieved 2008-06-15.
- Perry, Tony (2013-11-03). "John Spence dies at 95; Navy diver and pioneering WWII 'frogman'". Los Angeles Times. Retrieved 2013-11-27.
- ARENT, Carlos Eduardo Horta. Mergulhadores de Combate comemoram 40 anos no Brasil. O Periscópio, Rio de Janeiro, ano XLVIII, nº 66, p.8. 2013.
- MACIEL, Luiz Eduardo Cetrim. Preparação da tripulação e seus familiares para comissões Deployment. O Periscópio, Rio de Janeiro, ano XLVIII, nº 66, p.23. 2013.
- Pinheiro, Álvaro de Sousa (agosto de 2012). «Knowing your partner: the evolution of Brazilian special operations forces» (PDF). Joint Special Operations University. JSOU Report (em inglês): 12-7. Consultado em 17 de janeiro de 2024
- Bonds, Ray (2003). Illustrated Directory of Special Forces (em inglês). Saint Paul, Minnesota: Voyageur Press. p. 19. ISBN 978-0760314197. OCLC 51555045
- Neville, Leigh (2019). The Elite: The A-Z of Modern Special Operations Forces (em inglês). Londres: Osprey Publishing. p. 68. ISBN 978-1472824318. OCLC 1124603903