



ANAIS do 20º Congresso Nacional de Espeleologia

Brasília DF, 19-23 de julho de 1989 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 20º Congresso Nacional de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br/20cbeanais.asp

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

MANZAN, D.J.; DINIZ, A.L.P.. Vantagens e perspectivas da iluminação a gás butano. In: RASTEIRO, M.A.; SANTOS-NETO, C.J.. (orgs.) CONGRESSO NACIONAL DE ESPELEOLOGIA, 20, 1989. Brasília. *Anais...* Campinas: SBE, 2017. p.41-48. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais20cbe/20cbe_041-048.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br



VANTAGENS E PERSPECTIVAS DA ILUMINAÇÃO A GÁS BUTANO

D. J. MANZAN.
A. L. P. DINIZ.

RESUMO

Idealizou-se um sistema completo de iluminação frontal a gás butano, o qual foi submetido à diversos testes de segurança e eficiência. Os resultados, quando comparados ao sistema elétrico e ao de acetileno, mostraram-se nitidamente vantajosos na maioria dos tópicos analisados. Há, porém, restrições quanto a segurança do sistema, dada a possibilidade de combustão do gás liberado através de vazamentos ou por desconexão brusca da mangueira. A perfuração do bujão, embora improvável em condições normais de uso, deve ser cuidadosamente analisada em relação às solicitações do uso espeleológico, já que resulta em combustão instantânea - e de resultados dramáticos - de todo o gás contido no reservatório. Desaconselha-se, pois, a fabricação caseira do sistema a partir dos materiais comuns atualmente disponíveis no mercado, tanto quanto sua utilização em cavernas sem rígidas medidas de precaução. Acredita-se, contudo, que a utilização de materiais mais resistentes poderá transformar o sistema a gás butano numa opção de primeira linha em termos de iluminação individual, com chances reais de relegar a segundo plano a clássica iluminação a carbureto.

INTRODUÇÃO

O sistema de iluminação individual, de uso absolutamente indispensável durante todo o transcorrer de uma exploração subterrânea, e considerado - por motivos óbvios - a peça mais importante do arsenal espeleológico. Daí a necessidade de se dispor de uma fonte de luz que seja, a um só tempo, potente, resistente, durável, cômoda, leve e barata. Não obstante, porém, sua importância, nenhum dos sistemas atualmente disponíveis reúne, de forma ideal, todas as qualidades desejáveis, variando as opções segundo a preferência individual, a facilidade de aquisição ou utilização em situações especiais.

O sistema mais difundido compõe-se de uma unidade de iluminação a carbureto, isolada ou guarnecida de uma lanterna elétrica para utilização em situações especiais ou de emergência. Há, porém, os que preferem os volumosos, descômodos e frágeis lampiões manuais a gás butano e, mesmo os que não dispõem as prosaicas velas de parafina, elegantemente acondicionadas numa lata de conserva à guisa de refletor. O advento de qualquer progresso em qualquer dos sistemas de iluminação em cavernas seria, pois, altamente desejável e muito bem recebido.

O lampião a gás butano é utilizado, principalmente, em acampamentos, fora das grutas, onde exibe qualidades notáveis quanto à intensidade e distribuição da luz produzida, durabilidade da carga, comodidade e baixos custos de aquisição e manutenção. Torna-se, contudo, inviável nas condições adversas de uma caverna, sobretudo pelo

volume, desconforto e fragilidade do aparelho. Cogitou-se, pois, da possibilidade de adaptá-lo às condições de iluminação frontal, à semelhança dos sistemas elétrico e a carbureto, prendendo-se a unidade geradora de luz ao capacete; unindo-se esta unidade ao reservatório de gás, através de tubo flexível apropriado, e dotando o sistema de resistência compatível com as extremas solicitações do meio subterrâneo.

Para tanto, dois modelos experimentais foram construídos a partir de lampiões comuns de marca Yanes, alimentados com cartuchos metálicos de gás butano pressurizado, e adaptados a capacetes comuns de plástico e alumínio.

Julgou-se, a princípio, que os modelos estivessem sujeitos a uma série de inconvenientes e, mesmo, de perigos insuspeitados que acabariam por inviabilizar sua utilização rotineira. Temeu-se, em particular, um aquecimento excessivo do capacete, a ruptura frequente da camisa geradora de luz, a perfuração do reservatório de gás (improvável em condições normais de uso), a desconexão brusca da mangueira e outros vazamentos acidentais que pudessem comprometer a segurança do sistema. Além disso, a eficácia e a eficiência do sistema poderiam estar diminuídas ou comprometidas em razão das adaptações processadas, a exemplo da redução da pressão do gás ao passar por um tubo excessivamente grosso, o que, também, inviabilizaria o sistema.

Com base nessas hipóteses preliminares, procedeu-se à experimentação dos modelos, os



quais foram testados em relação aos seguintes aspectos:

- Ω Qualidade, intensidade, uniformidade, e distribuição da luz produzida;
- Ω Resistência da camisa geradora de luz a choques mecânicos e a água;
- Ω Durabilidade da fonte luminosa por unidade de carga em condições estáveis e em expedições reais;
- Ω Peso, volume e comodidade do sistema;
- Ω Aquecimento do reservatório e da unidade geradora de luz na face interna e externa do capacete;
- Ω Resistência da mangueira, conexões e torneiras à tração estática;
- Ω Combustão acidental em vazamentos, tanto nas conexões como na ruptura ou desconexão brusca da mangueira e na perfuração provocada do reservatório de gás;
- Ω Custos de aquisição e de manutenção por unidade de carga e por hora de funcionamento.

Os dados produzidos em condições experimentais foram tabulados, fotografados e filmados e, em seguida, confrontados com os dados correspondentes aos sistemas elétrico e a carbureto.

Os três sistemas foram, também, confrontados em condições reais de utilização durante quatro expedições a grutas de diferentes características e graus diversos de complexidade, incluindo-se uma de curso d'água permanente, anotando-se as observações pertinentes quanto ao conforto, facilidade de manipulação, resíduos poluentes e outros aspectos.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Não se encontrou, na relativamente extensa bibliografia espeleológica consultada, nenhuma referência à utilização do gás butano como fonte de luz na exploração de cavernas. Citamos, contudo, a título de ilustração, as opiniões correntes a respeito dos dois únicos sistemas descritos - a gás acetileno e elétrico - encontradas nas principais fontes bibliográficas consultadas.

Entre as fontes de origem francesa destaca-se o volume "Techniques de la Spéléologie Alpine" (nº5 da relação bibliográfica), inteiramente dedicado a técnicas espeleológicas, onde são descritos o

sistema elétrico, o sistema a carbureto e o sistema misto, formado pela conjugação dos dois anteriores. Em relação ao carbureto, comenta-se que "os espeleólogos o utilizaram sempre e, talvez, venham a utilizá-lo ainda por longo tempo. Podemos mesmo dizer, em homenagem aos tempos passados, que nenhum progresso foi feito na matéria desde que o carbureto destronou as célebres, mas pouco eficazes velas de Martel".

De mesma origem e, igualmente, sem qualquer outra referência que não seja ao acetileno e ao elétrico, são as publicações de nºs 1, 3 e 8 da bibliografia, destacando-se, a propósito do carbureto, a opinião de Félix Trombe: "Para se ver bem numa caverna, distinguir seus contornos, fazer desenhos e resumos topográficos, a lâmpada clássica de acetileno é insubstituível".

O "Guide Marabout de la Spéléologie", de origem belga, bem como o "Manuel de Espeleologia", em língua espanhola, (nºs 6 e 2 da bibliografia) são igualmente silentes quanto a outras formas de iluminação.

Também na literatura americana nada encontramos a respeito. Em "Caves and Caving" (nº 4 da bibliografia) os autores se limitam aos sistemas clássicos, apontando o acetileno como "a mais popular fonte de luz entre os espeleólogos, que o elegeram como o mais confiável e conveniente instrumento de iluminação, já que uma carga de carbureto dura aproximadamente quatro horas, o sistema requer pouca manutenção e é muito leve". Em "Speleology - The Study of Caves" (nº 07 da bibliografia), se bem que dedicado aos resultados da investigação espeleológica de preferência às técnicas de exploração, assevera-se que "um espeleólogo com patente carrega uma lâmpada a carbureto montada num capacete resistente e, pelo menos, uma fonte adicional de luz, como uma lanterna, para ser usada em caso de falha no primeiro sistema".

Foram, também, consultados diversos números esparsos de periódicos de diferentes países, alguns anais de congressos nacionais e internacionais de espeleologia, a série de "Actes du... Congres National de Speleologie" relativos aos anos de 1960 a 1970 e finalmente, a revista "Spelunca", da Federation Française de Speleologie, referente ao período de 1963 a 1981, sem qualquer referência ao sistema a gás butano.

Julga-se, pois, tratar-se de experiência nova, inteiramente aberta a experiências mais rigorosas e melhor controladas, com vistas à confirmação ou



rejeição dos resultados apresentados e à correção das possíveis falhas do sistema. Única condição, aliás, para a utilização rotineira desta nova fonte de iluminação.

MATERIAIS E MÉTODOS

A) Sistemas de iluminação utilizados:

Dois modelos experimentais de iluminação frontal a gás butano, com os seguintes componentes: refletor parabólico, suporte e camisa de lâmpado, pino de orifícios para mistura de ar, bico de gás nº14 registro de segurança, retalho de 7 cm. de mangueira térmica isolante, 1,20 m. de condutor plástico de gás com rede de nylon de 5mm., registro de reservatório de gás, suporte do bujão de gás, 15 bujões descartáveis de 196 g. de gás butano e conexões diversas, adaptadas a um capacete de plástico e outro de alumínio.

Um sistema completo de iluminação mista (elétrica e a gás acetileno) marca Petzl, de fabricação francesa, com os seguintes componentes:

a) Sistema elétrico: lanterna frontal, vidro com foco direcional, refletor parabólico, lâmpada de 6 volts, fios condutores, reservatório de pilhas, 4 pilhas alcalinas, pequenas, de 1,5 v.

b) Sistema a gás acetileno: bico para acetileno de 21 litros/hora, suporte do bico, refletor, ignição piezelétrica, tubo condutor de gás com 8mm., reator marca Fisma, de fabricação espanhola, com capacidade para 300 g. de carbureto e 230 ml. de água.

Uma lanterna marca Cobra com lâmpada de 4,5 v. e 3 pilhas alcalinas grandes de 1,5 v. cada.

B) Instrumentos de medição:

- Ω 2 termômetros de mercúrio e 1 de máxima e mínima;
- Ω 1 fotômetro;
- Ω 1 dinamômetro;
- Ω 1 cronômetro;
- Ω 1 balança digital;
- Ω 1 trena de fibra de 30 metros;

C) Materiais diversos:

- Ω 1 filmadora para videocassete e 1 filme;

Ω 1 máquina de fotografia e dois filmes de 64 ASA;

Ω 2 tripés;

Ω 1 carabina calibre 22, e 20 cartuchos;

Ω 1 manequim com trajes e equipamentos de espeleólogo;

Ω 1 seringa hipodérmica de 10 ml. e uma agulha;

D) Procedimentos:

Após 30 minutos de funcionamento, foram medidas as temperaturas dos sistemas a carbureto e a gás butano na parte interior e exterior do capacete. Na parte exterior de ambos os sistemas mediu-se a temperatura na parte traseira, dianteira e superior do refletor. Mediu-se, também, a temperatura do reator de carbureto e do reservatório de gás butano.

A pesagem dos materiais se fez em balanças digitais comuns com frações centesimais.

A medição da intensidade luminosa se fez com um fotômetro de escala às distâncias de 35, 50, 120 e 200 cm a partir da fonte de luz, em câmara escura e em condições idênticas. Os ângulos formados pelo fecho luminoso foram reproduzidos em cartolina branca colocada debaixo de cada sistema em funcionamento, procedendo-se à medição dos ângulos com transferidores comuns.

Mediu-se a resistência estática a tração fixando-se cada um dos sistemas ao dinamômetro e tracionando-se sua outra extremidade.

A resistência da camisa geradora de luz foi testada com respingos d'água e com jatos produzidos por uma seringa hipodérmica com e sem a agulha, à distância de 50 cm e a diferentes pressões exercidas sobre o êmbolo.

A durabilidade por unidade de carga foi cronometrada tanto em condições de repouso como em explorações reais em quatro grutas de características diferentes. O tempo útil de funcionamento de cada sistema foi determinado a partir da constatação subjetiva do momento em que cada um deles deixou de ser eficiente.

Os testes de combustão provocada foram realizados a céu aberto, simulando-se condições de acúmulo de gás em sacos plásticos, vazamento nas conexões, desconexão brusca da mangueira e perfuração do reservatório de gás, tanto para o acetileno como para o gás butano. As fontes de ignição do gás vazado foram, primeiro, a chama do



próprio sistema, posicionado de várias maneiras, inclusive na posição normal de uso, e, depois, uma chama de vela colocada a diversas distâncias do vazamento, simulando-se fontes vizinhas de ignição. A perfuração do bujão de gás processou-se com tiros de carabina calibre 22, a 15 metros de distância, tendo como fonte de ignição a própria chama do aparelho. Condições reais de utilização foram simuladas com a utilização de um manequim vestido e equipado como um espeleólogo. Estas provas foram filmadas e fotografadas.

Os custos de produção foram determinados em pesquisa de merca do realizada no comércio de Brasília, considerando-se a média de preços prevalentes no início do mês de junho. Para o material de origem estrangeira utilizou-se o catalogo Au Vieux Campeur, verão de 1988, convertidos os valores às taxa cambial do dia.

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Qualidade, intensidade, uniformidade e distribuição da luz

Talvez que os resultados mais significativos desta pesquisa sejam os relativos à excelente performance da fonte de luz a gás butano. Com efeito, os resultados constantes da tabela I e dos gráficos I e II, confirmam sua maior intensidade e uniformidade absoluta durante todo o período de consumo de uma carga completa. A luz elétrica decai regularmente desde o princípio e a luz a carbureto começa a decair após os 2/3 iniciais do seu tempo de vida útil. A distribuição da luz no sistema a gás butano é difusa como a luz do carbureto, mas o espelho parabólico provoca a formação de um foco central que melhora o rendimento do sistema. Este foco central forma um ângulo de 40°, enquanto que a luz difusa, limitada pelas paredes do refletor, abre-se num leque de 180°. O refletor aberto do sistema a carbureto permite uma expansão do leque luminoso até o nível de 270°. Na lanterna, o foco central atinge os 45° e o externo a 52°.

Gráfico 1 – Intensidade x Distância

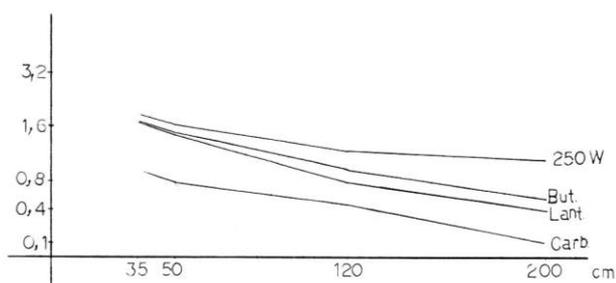
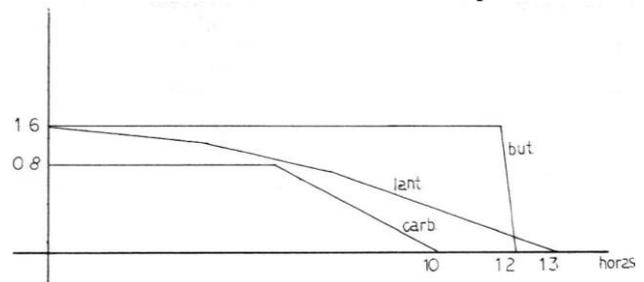


Gráfico 2 – Intensidade x Tempo



Resistência da camisa geradora

A camisa geradora de luz revelou-se extremamente resistente aos salpicos de água e aos jatos finos da seringa (com agulha), inclusive em pressões mais elevadas, chegando mesmo a suportar os jatos mais grossos de baixa pressão. Observou-se que a camisa sofre um apagamento parcial, mas seca de imediato e volta a funcionar normalmente sem interrupção. O rompimento se deu quando se aumentou a pressão do êmbolo na ocorrência do jato mais grosso (seringa sem agulha), muitas vezes provocando apenas rompimentos parciais que não interromperam o funcionamento do sistema. Nas quatro excursões realizadas, não se verificou um único rompimento da camisa em nenhum dos dois modelos experimentados, nem mesmo quando submetidas a correntes de ar a céu aberto, que apagaram a chama do carbureto.

Durabilidade da carga

A durabilidade da carga variou conforme as condições de utilização. Note-se, contudo que a diferença de duração do gás butano em condições estáveis e durante uma exploração real foi muito menor do que a apresentada pelos outros sistemas, o que significa que o sistema a gás butano sofre menos, em termos de consumo, quando submetido a movimentos bruscos, choques mecânicos, água, inclinações e regulagens da torneira.

Peso, volume e comodidade

O resultado da pesagem dos três sistemas (acetileno, butano e eletricidade) acha-se sumarizado na tabela III. A lanterna apresenta-se como o aparelho de iluminação mais leve, com 600g. de peso bruto. Trata-se, no entanto, de um sistema que não deve ser utilizado como fonte principal de iluminação, não só por ser incomoda, mas, também, devido à sua fragilidade e às características da luz produzida, cujo feixe é direcionado, cansativo e monótono, além de impossibilitar uma visão panorâmica do



ambiente. Adaptada, porém, ao capacete e ideal como sistema de reserva, em emergências e em sondagens a distância, além de ser o único sistema que se presta a mergulhos e progressões em cascatas. Quanto aos outros dois sistemas, o aparelho a gás butano apresenta-se em nítida vantagem, com quase 32% a menos em peso líquido e 24,7% a menos em peso bruto. Os volumes são equiparáveis, mas o sistema a gás butano é mais cômodo em termos de manuseio, troca de carga, limpeza e manutenção.

Aquecimento

No sistema a gás butano, a temperatura na superfície interna do capacete foi considerada desprezível (aumento de menos de 1°C), não se registrando qualquer alteração no meio interno. Na parte externa, para uma temperatura ambiente de 25°C, registrou-se a marca de 38°C a 1 cm da superfície posterior do refletor, 50°C a 15 cm à frente do refletor e 45°C a 15 cm acima do refletor. O bujão de gás não sofreu alteração de temperatura, registrando-se, ao contrário, um resfriamento da mangueira no processo endotérmico de gaseificação do gás butano liquefeito, provocando o ressecamento e o endurecimento da mangueira, e comprometendo sua integridade. O fenômeno é conhecido nos países de clima frio, para cuja solução substituiu-se a mangueira de plástico por outra de polivinil. No sistema a gás acetileno não se registraram alterações significativas de temperatura nas imediações do foco luminoso, mas o reator, atingiu temperaturas de até 50°C, o que, na prática, provoca desconforto e até queimaduras de 1º grau ao contato prolongado.

Resistência à tração estática

Cada um dos sistemas, liberado do respectivo capacete, foi fixado, pela extremidade superior a um dinamômetro no teto, a extremidade inferior foi tracionada até a ruptura dos sistemas, sem qualquer medida adicional tendente a aumentar sua resistência. O sistema a gás butano rompeu-se ao atingir o dinamômetro marca de 59 Kgf, após um estiramento da mangueira de cerca de 15% do seu comprimento total. A desconexão se deu entre a mangueira condutora de gás e a mangueira de isolamento térmico, cuja junção estava desprovida de qualquer peça metálica auxiliar. O sistema a gás acetileno desconectou-se na marca de 22 Kgf, na junção entre a mangueira entre o reator de carbureto. Tais resultados indicam que a resistência do modelo

produzido atingiu níveis razoáveis, se bem que ainda não ideais. Como, porém, a mangueira do sistema a gás butano é fixa, não exigindo desconexões frequentes como no caso do sistema a carbureto, suas junções poderão ser grandemente reforçadas sem quaisquer desvantagens.

Combustão acidental

É possível em ambos dos sistemas, acetileno e butano, bastando que haja vazamentos e uma chama nas proximidades. Várias situações foram simuladas nos experimentos, observando-se que a combustão oriunda de pequenos vazamentos pode ser facilmente controlada em ambos os sistemas. A violência da combustão em ambos os gases depende da pressão em que estão armazenados. O acetileno armazenado em sacos plásticos, a baixa pressão, resultou numa combustão que poderia provocar queimaduras leves na pele, mas potencialmente danosa para os olhos. E esta, aliás, a situação que se verifica quando da penetração acidental de água nas reservas de carbureto. A desconexão brusca da mangueira inflamou de imediato o jato de gás butano, sendo, porém, de mais fácil controle do que no caso de um reator de carbureto com a torneira total mente aberta. A perfuração do reservatório de butano e parcialmente dramática, provocando combustão explosiva de todo o gás contido no reservatório, tendo como fonte de ignição a própria chama da camisa de gás. Julgou-se, contudo, bastante improvável a perfuração acidental de um bujão metálico, mesmo em condições adversas. Nos testes a céu aberto, com o manequim, verificou-se que a combustão do gás vazado pode não se dar em condições de correntes de ar forte, mas sempre se verifica em condições de calmaria ou de brisa. Os cabelos do manequim ficaram totalmente chamuscados, mas a roupa não se incendiou e nem os equipamentos que portava sofreram danos pelo fogo.

Custos de Aquisição e Manutenção

Os custos de produção dos dois sistemas utilizados foram bastante inferiores aos preços de aquisição do sistema a carbureto. Os custos por unidade de carga e por hora de utilização apresentaram uma diferença relativamente pequena a favor do carbureto, mas é possível que as vantagens do sistema a gás butano compensem plenamente esta diferença. Os dados relativos a estes custos foram registra dos na tabela II.



CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados favoráveis dos testes realizados depõem a favor das excelentes perspectivas do sistema de iluminação a gás butano, o que plenamente se confirmou durante sua utilização em cavernas. Permanece em aberto, porém, a questão da segurança que o sistema oferece, julgando os autores dever-se proceder a novos testes, mais rígidos e melhor controlados. Aconselha-se, pois, o máximo de cuidado na sua utilização, ainda que em caráter experimental.

A dúvida, mesmo que remota, relativa a hipotética fragilidade do bujão, pode ser dissipada mediante a utilização de bujões mais resistentes,

ainda que maiores e mais pesados, infelizmente não disponíveis entre nós, o que elimina por completo qualquer possibilidade de rompimento ou perfuração, além de tornar desnecessário o revestimento protetor.

Os vazamentos acidentais, que não foram observados nos modelos utilizados, poderiam ser eliminados através da utilização de conexões de ligas metálicas mais resistentes e imunes à corrosão. A desconexão e a ruptura da mangueira poderão ser facilmente evitadas prendendo-se um cabo de aço no sentido do comprimento da mangueira o qual é fixa do nas válvulas de gás ou nas conexões das extremidades.

BIBLIOGRAFIA

- ALBOUY, J.L. **Initiation à la Speleologie**. Paris, Bornemann, 1.978.
- DEMATTEIS, G. **Manuel de Espeleologia**. Labor, sem data.
- DRESSLER, B. JUINVIELLE, P. **La Spéléologie**. Paris, Denoel, 1.979.
- JACOBSON, D. J STRAL, L. **Caves and Caving**. Harbor, Michigan, 1.986.
- MARBACH, G. J ROCOURT, J.-L. **Techniques de la Spéléologie Alpine**. France, Techniques Sportives ed., 1.980.
- MARTYNOFF, A. J LAMBERT, F. **Le Guide Marabout de la Spéléologie**. Vervieres (Belgique), Marabout, 1.976.
- MOORE, G. W. J Sullivan, G. N. **Speleology - The Study of Caves**. Cave Books, St, Louis, 1.978.
- TROMBE, Félix. **La Spéléologie**. Presses, Paris, 1.965.

Tabela 1

Sistema de Iluminação	Distância da Fonte de luz ao Fotômetro (cm)	Marcação no Fotômetro (Escala 0 a 25)	Duração da carga/hora		Distribuição do Foco
			Condições Especiais	Condições Reais de uso	
Gás Butano	35		12	10	Luz uniforme com ângulo raso de luz difusa e foco central de 40°
	50				
	120				
	200				
Gás Acetileno	35		08 (bico de 21 l.)	6	Luz não uniforme difusa com foco de 270°
	50				
	120				
	200				
Lanterna	35		10	10 (5 de vida útil)	Declínio uniforme de intensidade. Foco a 10 cm de distância 52°
	50				
	120				
	200				



Tabela 2

Sistema de Iluminação	Sistema Completo NCZ\$	Carga da Fonte de Energia NCZ\$	Preço Total NCZ\$	Custo/hora de funcionamento	
				Condições Especiais	Condições Reais de uso
Gás Butano (custo de produção)	25,00	Bujão de gás Yanes Descartável 196g. – 2,00	28,00	0,16	0,20
Gás Acetileno (Sistema misto) Preço de mercado estrangeiro	130,00	300g. – 1,00 carbureto	132,50	0,13	0,17
Lanterna Para mergulho – Cobra (Preço de Mercado)	50,00	Três pilhas grandes – 6,00 (alcalinas)	57,00	0,60	1,20

Tabela 3

Sistema de Iluminação	Unidade de Carga	Peso líquido do sistema (g)	Peso bruto do sistema (g)	Resistência a tração (Kgf)
Gás Butano	196 g.	620	911	59
Gás Acetileno	300 g. de carbo de sódio	910	1210	22
Lanterna	3 pilhas grandes (alcalinas)	235	600	--

Quadro comparativo entre vantagens e desvantagens dos sistemas de iluminação

	VANTAGENS	DESvantagens
SISTEMA A GÁS BUTANO	<ul style="list-style-type: none"> Ω Luz muito intensa, difusa, clara e absolutamente uniforme. Possibilidade foco central com espelho parabólico. Ω Bico de gás raramente entope. Ω Camisa relativamente resistente à água, a choques mecânicos e é eficaz mesmo quando parcialmente rota. Ω Sistema de recarga e regulagem da chama são simples e rápidos. Ω Reservatório de gás não aquece. Ω Luz não se altera e não há perda de gás com o bujão imerso, nem aos movimentos bruscos ou inclinação do bujão. Ω Cargas de reserva são leves, resistentes e não requerem impermeabilização. Ω Refletor melhora o foco e não escurece. Ω O butano não deixa resíduos tóxicos ou poluentes, a não ser a cápsula. Ω O gás butano é de baixa toxicidade. Ω Tanto o sistema como a carga são muito leves. Ω Sofre combustão completa e não exala odor típico. Ω Excelente autonomia (12 horas de luz uniforme). Ω Relativamente barato (NCZ\$0,20 por hora) 	<ul style="list-style-type: none"> Ω Ofusca a visão dos circunstantes. Ω Requer trocas ocasionais (mas pouco frequentes) de camisa e de bico de gás. Ω O resfriamento da mangueira compromete sua integridade a menos que seja especial. Ω A troca da camisa é simples, mas trabalhosa. Ω Possível combustão de gás acidentalmente vasado. Ω A perfuração do bujão é improvável, mas seria muito perigosa.



SISTEMA A GÁS ACETILENO	<ul style="list-style-type: none">Ω Luz intensa e difusa.Ω O gás acetileno é atóxico.Ω O sistema é relativamente leve.Ω Autonomia alta (10 horas).Ω O carbureto é barato (NCz\$0,17 por hora).	<ul style="list-style-type: none">Ω A luz é de curto alcance e varia de intensidade.Ω A chama apaga-se com facilidade aos choques mecânicos, gotas d'água e correntes de ar.Ω O bico entope com certa frequência.Ω Pode haver obstrução da mangueira ocasionada pela água.Ω Cal residual obstrui entrada d'água e saída do gás.Ω Detritos em suspensão na água podem obstruir a torneira.Ω A imersão do bujão desregula a chama e diminui a autonomia.Ω Cargas suplementares são pesadas, necessitam de impermeabilização e são difíceis de ser quebrados.Ω Reserva extra de água deve ser provida para grutas secas.Ω Refletor melhora o foco, mas é rapidamente inutilizado pela fuligem.Ω Por apagar-se com facilidade, requer sistema elétrico de reserva.Ω Requer reposição periódica de bicos, juntas de vedação e filtro de feltroΩ O reator aquece muito quando o gotejamento é excessivo.Ω Produz grande quantidade de resíduo altamente poluente.Ω Requer esvaziamento e limpeza do reator a cada troca de carga.Ω A fuligem escurece as concreções calcárias em tetos baixos.Ω O ajuste da chama pode ser demorado e difícil.Ω O carbureto tem cheiro típico e desagradável.Ω Há perigo de combustão explosiva quando entra água na reserva de carbureto.Ω Possibilidade de combustão em vazamentos do gás.
SISTEMA ELÉTRICO	<ul style="list-style-type: none">Ω Foco central, intenso e de longo alcance (40 a 50 metros).Ω Ideal como reserva, emergência e sondagens a distância.Ω É a única de se presta a mergulhos.Ω Indispensável em águas caudalosas, respingos d'água e cascatas.Ω Não apaga em correntes de ar.Ω Não aquece.Ω É relativamente leve.Ω Lâmpada é durável.Ω Não oferece qualquer perigo.	<ul style="list-style-type: none">Ω Ofusca a visão dos circunstantes.Ω Não possibilita a visão panorâmica do ambiente.Ω O facho é cansativo e monótono.Ω Pilhas, fios condutores e guarnições são refratários à água.Ω Sofre panes frequentes aos choques mecânicos.Ω Pilhas gastas são poluentes.Ω As de porte manual são incômodas.Ω Baixa autonomia (5 horas em média).