

ESTIMULAÇÃO DE POÇOS POR EXPLOSIVOS E FRATURAMENTO HIDRAULICO.

*Adelbani Braz da Silva*¹

RESUMO

As estimulações de poços tubulares de captação de água subterrânea são técnicas que permitem aumentar as suas vazões de modo mais econômico do que a perfuração de outros novos poços. No Brasil estas técnicas não são empregadas sistematicamente em decorrência da falta de domínio de sua aplicação, do desconhecimento de suas vantagens, emprego inadequado destas técnicas, falta de equipamentos apropriados e a alguns resultados negativos de tentativas de estimulações. O princípio básico da estimulação é o de criar ou aumentar as fraturas das rochas ao redor do poço visando melhorar a permeabilidade local do aquífero. São técnicas de fácil e rápida aplicação, de baixo custo e com resultados normalmente satisfatórios. Os principais métodos de estimulação de poços tubulares e suas aplicação são discutidos neste artigo.

ABSTRACT

Stimulation of groundwater wells is a technique that increases well discharge more economically than drilling a new well. This technique is little employed in Brazil because few recognize its advantages and because of lack of experience, improper use, lack of equipment, and because of some negative results of this technique. The idea of the well stimulation is to create a network of artificial fractures in the geologic formation that can used to improve the groundwater flow. The principal methods of well stimulation and its application are described in this paper.

1 - INTRODUÇÃO

O conceito de estimulação aqui utilizado se refere aos procedimentos que podem ser adotados em um poço perfurado num meio aquífero fissurado com objetivo de aumentar a sua produtividade de água. Estes procedimentos podem ser mecânicos, químicos ou outros e visam aumentar a espessura ou a densidade das fraturas ao redor dos poços com baixas vazões recém perfurados ou naqueles que diminuíram a produção de água depois de determinado tempo de exploração. Convém salientar que aqui não serão discutidos os trabalhos de limpeza ou de desobstrução de filtros de poços que são atividades e procedimentos completamente diferentes.

1) Geólogo, PhD em Hidrogeologia, Professor Titular aposentado do Instituto de Geociências da UFMG, Diretor Presidente da *Brazpoços Serviços e Comercio Ltda* e Consultor em Hidrogeologia.

Os métodos de estimulação mais usados em meios fraturados são o de fraturamento hidráulico, pneumáticos, ar comprimido, com explosivos e da acidificação. Este último tem aplicação exclusiva em aquíferos cársticos. Outros métodos também são usados em menor escala, tais como: gelo seco, congelamento da água do poço, emprego de dispersante cujos objetivos não são exatamente aumentar a densidade de fraturamento ao redor do poço.

O emprego sistemático de estimulação de poços com fraturamento das rochas para água subterrânea, no Brasil, ainda é pouco freqüente. Este fato talvez seja decorrente do desconhecimento de suas técnicas, da falta de experiência das empresas de perfuração de poço, de alguns insucessos anteriores em função de aplicação inadequada da estimulação, falta de equipamentos adequados. Na indústria do Petróleo, no entanto, a estimulação é uma técnica quase rotineira para aumentar a vazão de óleo ou fazer a recuperação de poços ou de campos de petróleo antigos que vem sendo aplicada a mais de 50 anos.

O principal procedimento para o bom sucesso das estimulações em meios fraturados é a localização das fraturas existentes dentro dos poços e a determinação de suas profundidades. Antigamente eram realizadas perfilação dos poços utilizando traçadores radioativos ou químicos para detectar as fendas e determinar as suas profundidades. Hoje em dia é mais prático e preciso se fazer a endoscopia com câmera de TV colorida de alta resolução para identificar as entradas de água no poço, suas profundidades e até as suas aberturas (espessura abertas da fenda). As ações da estimulação devem ser concentradas somente sobre estas fraturas detectadas e não ao longo de todo o poço.

As estimulações por fraturamento das rochas são indicadas para aqueles casos onde os poços perfurados não interceptaram as fraturas principais ou estão próximos de zonas fraturadas e produtoras de água no subsolo.

Estas informações podem ser obtidas ou interpretadas com dados superficiais ao redor do poço ou com dados coletados durante a sua perfuração. Quando o poço é completamente seco, de muito baixa vazão, ou foi perfurado em rocha muito maciça, provavelmente os resultados das estimulações não serão satisfatórios.

Existem ainda os casos onde os sistemas de fraturas das rochas são verticais ou subverticais com pequeno "mergulho". Nestes casos as fraturas tendem a se fecharem com a profundidade reduzindo assim a sua capacidade de transmitir água no subsolo além de concentrar o fluxo desta água em pequenas zonas. Estas fraturas verticais, no entanto, facilitam a infiltração e recarga dos aquíferos e são importantes condutores de água subterrânea. Pode ocorrer que os poços sejam perfurados em pontos paralelos a estas estruturas sem interceptá-las e não produzir significativa quantidade de água. Nesta situação, o fraturamento da rocha pode interconectar estas estruturas verticais e tornar o poço produtivo.

As estimulações dos poços por fraturamento de rocha visam, em última análise, criar artificialmente outras fraturas ao seu redor com o objetivo de interconectá-las com as fraturas pré-existentes no aquífero de modo a formar uma "rede" de fraturas e induzir ou facilitar a migração da água para dentro do poço. Naqueles casos em que não existirem fraturas naturais significativas ao redor do poço a eficiência das estimulações será bastante comprometida.

2 - ESTIMULAÇÃO COM EXPLOSIVOS

A estimulação utilizando explosivos consiste em detonar cargas nas entradas de água dentro do poço. Como resultado da explosão há um aumento local do diâmetro físico do poço e a formação de novas fraturas radiais ao seu redor. Desta maneira forma-se a interligação entre as fraturas criadas com as pré-existentes no aquífero no entorno do poço. Esta interligação melhora o fluxo de água para o dentro do poço e conseqüentemente aumenta a sua vazão.

Os principais fatores que podem influenciar na eficiência das estimulações são o uso inadequado de alguns tipos de explosivos, carregamento mal posicionado em relação as fraturas pré-existentes, dimensionamento insuficiente de carga de explosivos, mal confinamento da carga de explosivo e a baixa densidade de fraturas pré-existentes ao redor do poço.

Os explosivos a serem utilizados nas estimulações devem ser de detonação rápida, potente e resistente a umidade. Outras características importantes dos explosivos para estimulação são a sua disponibilidade no mercado, facilidade de manuseio, custos e eficiência para a estimulação.

A gelatina explosiva 93% é o explosivo mais adequado para este tipo de trabalho pela sua ação penetrante, certeza de propagação e potencia, apesar do perigo de seu manuseio. A gelatina explosiva 60% é mais segura no seu manuseio e os seus resultados também são muito bons desde que a coluna de água acima de sua colocação do explosivo dentro do poço não exceda uns 60 metros de altura. Em alturas maiores diminuirão a eficiência desta gelatina porque a carga hidráulica acima do explosivo forçara a expulsão do oxigênio dissolvido no explosivo tornado-o inerte. A gelatina 60% vem embalada em "salsichas" de plástico com 4 e 6 polegadas de diâmetro de 600 mm de comprimento com aproximadamente 12 a 18 quilos de peso.

A eficiência da estimulação com explosivos também esta relacionada com a iniciação da detonação. A iniciação de qualquer explosivo é alcançada pela transferência de onda de choque do iniciador para a gelatina. A temperatura e a pressão produzidas pelo iniciador devem ser desenvolvidas em um período de tempo muito curto para uma melhor eficiência da detonação. Por isto, quanto maior for a pressão de detonação do iniciador, mais rapidamente a carga do material explosivo alcançara sua velocidade de detonação e assim promoverá a máxima liberação possível de energia para a rocha. Assim, para se obter maiores "velocidades" iniciais das detonações é recomendável usar "reforçadores de iniciação" ou "boosters" acoplados aos explosivos de gelatina. Estes "boosters" tem alto poder de detonação e altíssima pressão de detonação, extremamente necessária para iniciar o explosivo na sua velocidade máxima, conseqüentemente liberar, num curto intervalo de tempo, todas as suas energias.

A colocação das cargas de explosivas dentro do poço deve ser rigorosamente na posição das entradas de água previamente identificadas pela endoscopia. A quantidade de explosivo para cada entrada de água no poço depende essencialmente do diâmetro do poço, natureza da rocha, estado inicial de fraturamento original da rocha, profundidade de detonação abaixo do nível de água e efeito desejado. O diâmetro do poço será o principal fator limitante para o carregamento linear. Considerando-se que a maioria das fraturas nos poços tem abertura da ordem de milímetros um estagio de carga de explosivo deve ter um comprimento de aproximadamente 03 metros, o que permite uma carga de aproximadamente 60 quilos por fratura, em um poço de 06 " de diâmetro.

O confinamento do explosivo dentro do poço será efetuado pela própria água desde que se tenha no mínimo de 3 a 5 metros de altura de água. A água tem um ótimo comportamento ao hermetismo ao explosivo. No entanto, a resistência ao arranque vertical do explosivo dentro do poço pode ser complementada com a utilização de alguns produtos, tais como: lama de perfuração grossa com barita, areia ou a cimentação do poço acima do explosivo. Deve-se apenas analisar o custo / benefício do emprego destes materiais em função do melhoramento dos resultados pretendidos.

Convém salientar que a estimulação utilizando explosivos pode danificar os revestimentos dos poços.

3 - FRATURAMENTO HIDRAULICO

O fraturamento hidráulico, como já foi mencionado, foi desenvolvido pela industria do petróleo há mais de 50 anos e hoje em dia é um procedimento quase rotineiro na estimulação de poços produtivos de óleo. Na década de 1980 uma versão simplificada e de baixo custo foi adaptada para as águas subterrâneas com resultados satisfatórios.

O método consiste em isolar parte do poço com obturadores de borracha e injetar liquido, água na maioria das vezes, a elevadas pressões para criar ou, principalmente, aumentar as fissuras pré-existentes na rocha. Quando cessa a pressão aplicada no poço, a rocha volta a posição inicial e as fraturas podem se fechar. Para isto, simultaneamente, são injetadas partículas de areias, bolinhas de vidro ou de plástico de alta densidade, de granulometria controlada, que penetram nas fissuras abertas para impedir o seu fechamento após o alívio da pressão hidráulica.

As pressões para reabrir as fraturas das rochas no subsolo e provocar a estimulação não são muito elevadas como pode parecer. Em geral, a pressão de fraturamento é proporcional a profundidade da fratura a ser estimulada. O peso do material sobrejacente origina pressões da ordem de 0,23 kg/cm² por metro de profundidade e a maioria das rochas se fraturam entre 0,13 e 0,41 kg/cm²/m ou, em alguns casos, quando existem bastantes diaclases ou planos de estratificação, em pressões

entre 0,13 e 0,22 kg/cm²/m. Em terrenos saturados esta pressão não pode ser menor que 0,10 kg/cm²/m, que é a pressão hidrostática.

Convém salientar que a pressão medida na boca do poço é igual a medida no nível de injeção menos o peso de fluido e menos a perda da carga de circulação. Assim, por exemplo, para um poço de 120 metros, são necessários de 28 a 32 kg/cm² de pressão para o fraturamento.

Um equipamento básico para efetuar a estimulação de poços por fraturamento hidráulico deve ser constituído do seguinte: a) um reservatório de água com no mínimo 05 metros cúbicos; b) bomba de água com vazão de 2,5 m³/h e pressão mínima de 98 kg/cm²; c) motor para bomba com no mínimo 40 Hp; d) um obturador de borracha inflável com 12 cm de diâmetro e 1,2 metros de comprimento. Quando inflado este obturador deve atingir até 23 cm e uma pressão de 105 kg/cm² e deve suportar uma diferença de pressão da ordem de 270 kg/cm², em um poço de 06 polegadas de diâmetro. Este obturador deve sempre ser colocado abaixo do nível estático do poço; f) um compressor de ar com pressão de 279 kg/cm² para inflar o obturador; g) um guincho e um tripé para descer e retirar o obturador e as ferramentas no poço.

Similarmente ao fraturamento hidráulico através de líquido (água) existe atualmente o fraturamento pneumático. Neste procedimento pneumático no lugar de se utilizar água se emprega gás em alta pressão (com obturadores) para o fraturamento ou abertura de fraturas das rochas dentro do poço.

O ar comprimido também é empregado para injeção dentro de poços utilizando-se os obturadores para limpeza e desobstrução de fendas. Neste caso o ar comprimido sob pressão dos obturadores pode apenas limpar e desobstruir as fenda e raramente atingir a ruptura das fraturas.

Desde a década passada a estimulação de poço vem sendo usada para recuperação de áreas do subsolo que foram contaminadas. Naturalmente a estimulação é usada conjuntamente com outras técnicas de recuperação e limpeza de aquíferos. A utilização da estimulação de poços ou piezômetros pode ser feita com dois objetivos principais. O primeiro é para aumentar a permeabilidade dos terrenos através da criação ou aumento da rede de fraturas ao redor dos poços. O segundo esta rede de fraturas criadas com a estimulação pode ser usada para injeção de reagentes ou nutrientes para o tratamento do subsolo contaminado.

4 - BIBLIOGRAFIA

- BENITEZ, A. (1972)-Captacion de águas subterrâneas. Nuevos métodos de prospeccion y de calculo de caudales. 2a Ed., Madrid, Espanha, Editorial Dossat-S.A. 618p.
- BURDON, D.J. (1974)-Can freezing improve wells in consolidated rocks aquifers. Johnson Driller's Journal, Minnesota, U.S.A. , maio/junho p. 5-6.
- CAMPBELL, M.D & LEHR, J.H. (1973) - Water well technology. McGrawHill Bohh Comp., New York. p. 681.
- CINTRA, B.H. (1972) Desmonte escultural. Rev. Escola de Minas - Ouro Preto, MG, Ano XXXVI, 3:7-16.
- CUSTODIO, E. e LLAMAS, M.R. (1975)-Hidrologia subterranea. 1a ed., Barcelona Espanha, Ediciones Omega S.A. Tomo 11: 1740-82.
- GHEORGHE, A. (1978)-Processing and synthesis of hydrogeological data Abacus Press, Romania. p. 256-77.
- GIDLEY, J.L. , NEELY A.B. et ali (1977)-Product ion operations course III - stimulation". Lecture note for a video-tape course. Society of Petroleum Engineers of AIME. American Institue of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc. Dallas, Texas, U.S.A.
- HYDRO-FRAC (2003) - HYDRO-FRAC PROCESS. <http://www.hydro-frac.com/>.
- HOWARD, G.C. & FAS.T, C.R. (1970) - "Hidraulic Fracturing". Vol. 2,
- KYLE EQUIPMENT (2003) - <http://www.hydro-frc.com/>
- Pan American Petroleum Corporation; Henry L, Dohert Memorial Fund of AIME, Society of Petroleum Engineers. of AIME. American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc. Dallas - Texas, U.S.A.
- KOENIC, L. (1960)"Survey and analysis of well stimulation

performance". Journal American Water Works Association, march, a, p.333-350; U.S.A.- "Economic aports of water well stimulation". Journal American Water Works Association, may, 1960, b, pp. 631-637; U.S.A.

- "Effects :of stimulation on well operating costs and its performance on old and new wells". Journal American **Water Works** Association, december, 1960, c, pp. 1499-1512; U.S.A.

MILAEGER, R.E. (1942) - "Development of deep wells by dynamiting". Journal American Water Works Association, U.S.A., (34)5:689-90.

NAHM, G.Y. (1980) - "Estimating transmissivity and well loss constant using multirate test data from a pumped well".. Revista Groundwater, (18) 3: 2 81- 2 85.

PULIDO, C.J.L. (1978) - Hidrogeologia practica. 1º ed., Bilbao Espanha, Urmo S/A de Ediciones, p. 149-73.

SCHURING,J.(2001)Fracturing technologies to enhance remediation Technology report for the Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center. New Jersey.USA.

SEAN, K. ((2003) – New technology brought to India. <http://www.hydro-frac.com/>.

SILVA, A.B.; ESCODINO, P.C.B.; NERY, A.C.F. (1981) – Estimulação de poços tubulares por meio de explosivos, no Karst da região da Jaíba, norte do Estado de Minas Gerais. Rev. Águas Subterrâneas, São Paulo, 4:45-68.

VARGAS, V.A. (1976) - Técnicas y análises de costos de pozos profundos y aguas subterranas. 1º ed., México, Editorial Limusa, p. 383-98

WALTON, W.C. (1970) - Groundwater resource evaluation. McGraw-Hill.

serie in water resources and environment.al engineering. New York, McGraw Book Company, p.321-59.

WATZ, J. & DECKER, T.L. (1981) – Hydro-fracturing offers many benefits. Johnson Driller's Journal, Minnesota, U.S.A., Second quarter. p..04-09.

WILLIAMS, B.B. '&', GLDLEY, J.L. and SCHECHTER, R. S. (1979) - "Acidizing fundamentls". vol. 6, Esso Exploration, Inc., Exxom Company and University of Texas. Society of Petroleum Engineers of AIME, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc. Dallas, Texas, U.S.A.

5 - ANEXO DE FIGURAS E DESENHOS



Figura 01 – Detalhe da gelatina explosiva em salsicha de plástico envolvida por cordel detonante.
Foto do autor.



Figura 02 – Carregamento de um estagio de explosivos para uma fratura no poço. Foto do autor.

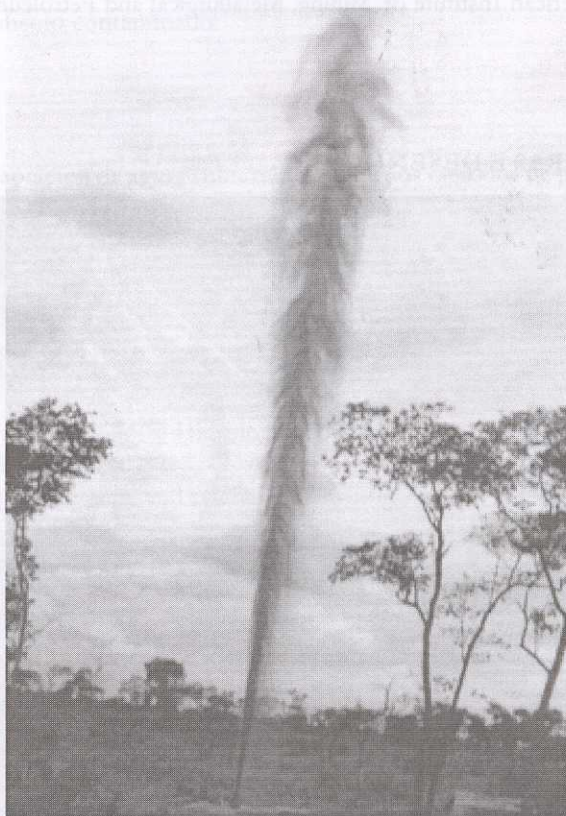


Figura 03 - Momento da detonação em um poço utilizando explosivos. Foto do autor.

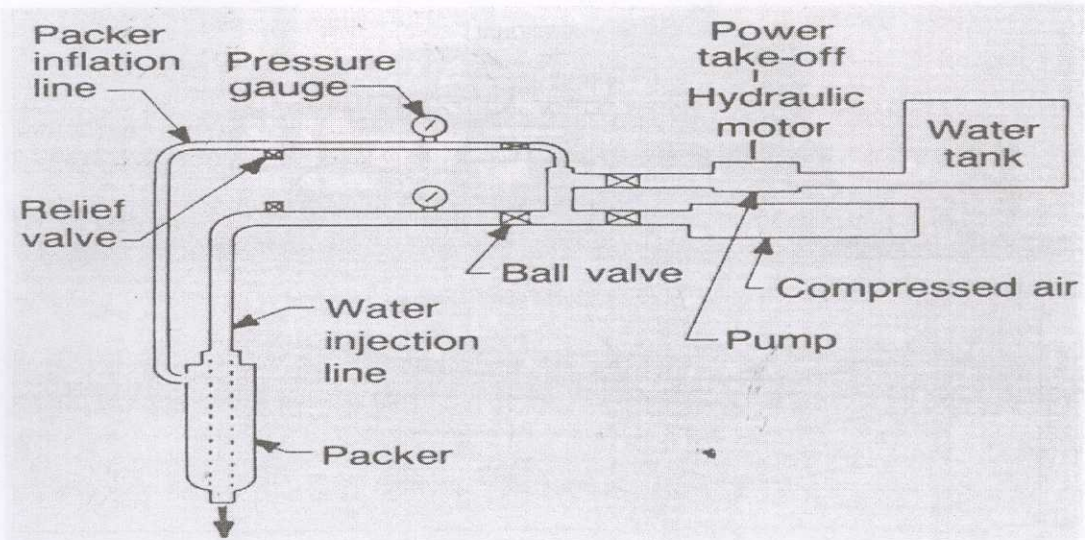


Figura 04 – Esquema da estimulação por fraturamento hidráulico (Fonte: Waltz and Decker,1981).

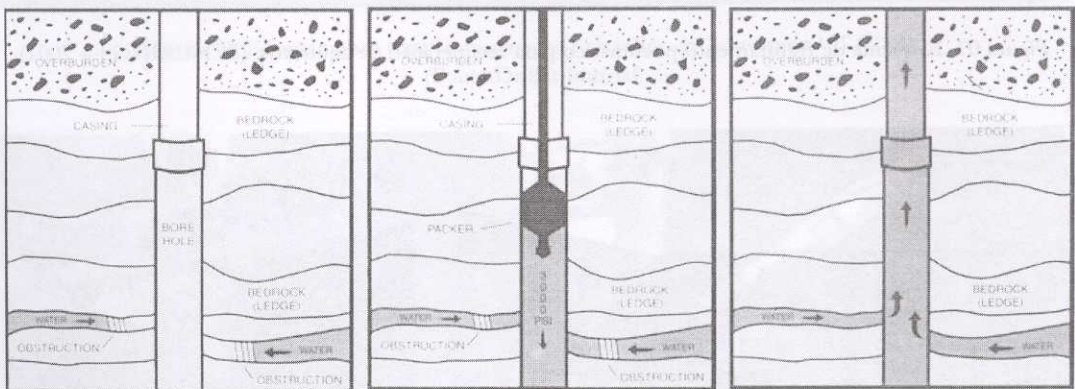


Figura 05 – Fraturamento simples com apenas um obturador (packer) para poços com poucas fraturas. (Fonte Hydro-frac, 2003)

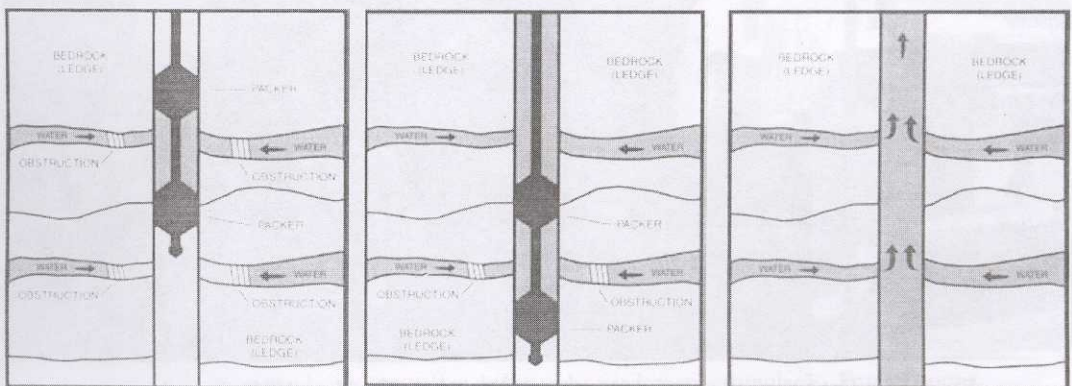


Figura 06 – Fraturamento com um par de obturadores (packer) para isolamento de fraturas. (Fonte:Hydro-frac, 2003)

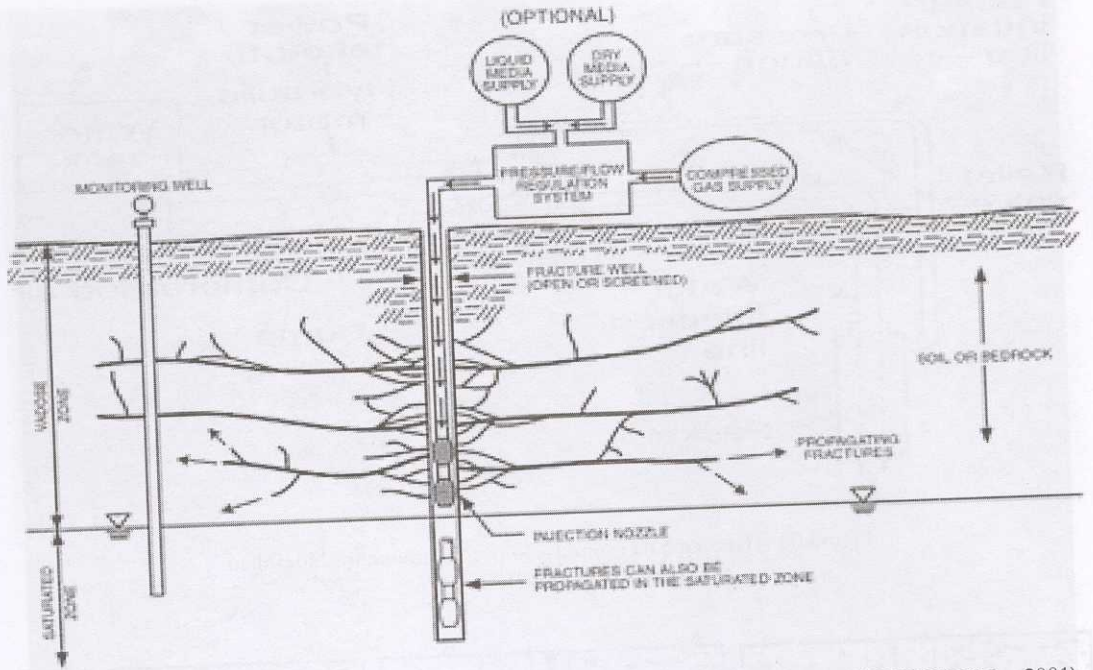


Figura 07 Esquema de fraturamento pneumático para recuperação de aquíferos. (SCHURING,J – 2001)

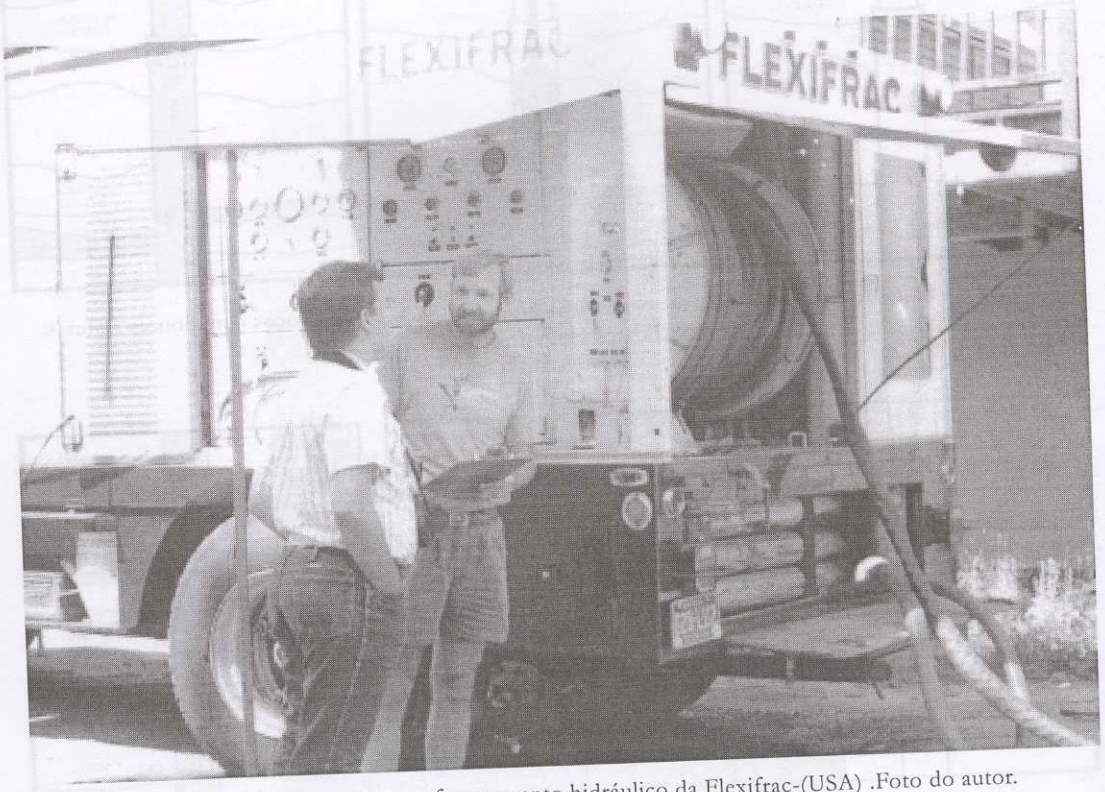


Figura 08 – Equipamento para fraturamento hidráulico da Flexifrac-(USA) .Foto do autor.

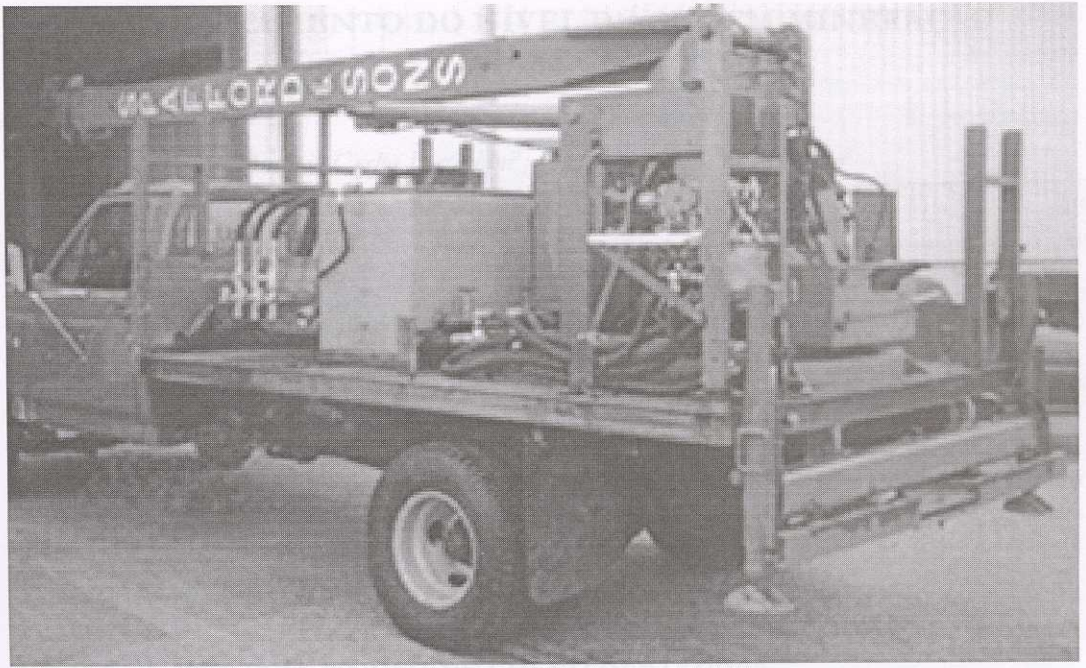


Figura 09 Equipamento para fraturamento hidráulico da Bomseen V.T.(USA).
(Fonte: Driller Journal)



Figura 10 – Detalhe de um obturador de borracha usado para estimulação. Foto do autor.