



NORMA DA ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE
ENGENHARIA E AMBIENTAL

NÚMERO DE REFERÊNCIA:
DIRETRIZ NORMATIVA
ABGE 114/2025
1ª Edição, 2025

SONDAGEM ROTOPERCUSSIVA EM CIRCULAÇÃO REVERSA

Diretriz Normativa ABGE 114
1ª Edição, 2025

ABGE – AJUDANDO AS EMPRESAS A TRABALHAREM MELHOR



Copyright 2025. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – ABGE
Todos os direitos reservados a ABGE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Diretriz normativa ABGE - 114/2025 : sondagem
rotopercussiva em circulação reversa / Davidson
Linhares Espindola da Silva, Marsol de Oliveira
Sol. -- São Paulo : ABGE, 2025.

Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-88460-52-8

1. Engenharia de minas 2. Investigações geológicas
3. Mineração - Aspectos ambientais 4. Normas técnicas.
I. Silva, Davidson Linhares Espindola da. II. Sol,
Marsol de Oliveira.

25-288177.6
CDD-624.15

StartFragment-->-olk-copy-source="MessageBody">624.151--
EndFragment-->

Índices para catálogo sistemático:

1. Geotecnia 624.15
2. Geologia de engenharia 624.151

Livia Dias Vaz - Bibliotecária - CRB-8/9638

Sugestão de referência bibliográfica:

Silva, D. L. E.; Sol, M. O. Diretriz Normativa ABGE 114/2025: Sondagem rotopercussiva em circulação reversa. Vários colaboradores. 1ª Edição. São Paulo: ABGE, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL – ABGE

Av. Prof. Almeida Prado, 532, Prédio 59. Cidade Universitária, São Paulo, SP CEP 05508-901

www.abge.org.br – abge@abge.org.br

Fones: (11) 3767.4361 (11) 9.8687.6560

A ABGE e todos os colaboradores, revisores, coordenadores, autores e editor participantes dessa Norma ou de artigos e livros utilizados como referência bibliográfica, não possuem responsabilidade de qualquer natureza por eventuais danos ou perdas pessoais ou de bens originados do uso da presente publicação. Aqueles que usam essa publicação são responsáveis por tomar suas próprias decisões quando aplicarem as informações aqui fornecidas e as cotejarem e harmonizarem com outras. Críticas e contribuições devem ser encaminhadas a Secretaria Executiva da ABGE: **abge@abge.org.br**

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 4

1. INTRODUÇÃO 5

2. FINALIDADE 6

3. DEFINIÇÃO..... 11

4. IDENTIFICAÇÃO..... 11

5. EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS 12

6. EXECUÇÃO 14

7. AMOSTRAGEM 16

8. MODELOS DE CICLONES E QUARTEADORES 17

9. CUIDADOS NA COLETA E ACONDICIONAMENTO
DAS AMOSTRAS..... 19

10. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS..... 20

11. PLANEJAMENTO E DIGITALIZAÇÃO DOS RESULTADOS 21

12. PRINCIPAIS PARTICIPANTES 22

13. REFERÊNCIAS/LEITURAS RECOMENDADAS 22

14. REFERENCIAS NORMATIVAS E DIRETIVAS 24

15. ANEXO ÚNICO 25

APRESENTAÇÃO

Essa Diretriz Normativa aborda **Sondagem rotopercussiva em circulação reversa** e destina-se aos diversos protagonistas envolvidos em pesquisa de bens minerais e em investigação geológico-geotécnica para projeto, construção e operação de obras de infraestrutura minerária, como são os casos de proprietários de obras, investidores, construtoras, empresas executoras de serviços de campo e de laboratório, projetistas, consultores e encarregados de fiscalização.

Trata-se de assunto pioneiro, por isso a ABGE incentivou o debate do tema junto ao meio técnico profissional, para que todas as colaborações recebidas pudessem ser consideradas pelo autor e editor da publicação.

A Diretriz Normativa ABGE possui formato próprio, mas semelhante ao publicado por entidades civis e associações técnicas e profissionais, nacionais ou estrangeiras, como ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ASTM (American Society for Testing and Materials), API (American Petroleum Institute), ISO (international Organization for Standardization), ASCE (American Society of Civil Engineering), CDA (Canadian Dam Association), IAEG (International Association for Engineering Geology and the Environment), dentre outras. Essas entidades publicam Normas (Standards), Diretrizes (Guidelines), Boletins (Bulletins), Regras (Codes) e outros documentos assemelhados, com a finalidade de ajudar empresas e profissionais a trabalharem melhor.

As normas e as publicações técnicas editadas pelas entidades acima citadas, assim como a presente DIRETRIZ NORMATIVA ABGE, são de aceitação voluntária. A sua aplicação somente passará a ter caráter vinculante no plano legal/normativo, caso seja reconhecida e de alguma forma chancelada/acolhida pelo poder público (por exemplo, se a adoção de alguma NORMA ABGE for exigida ou referida por algum dispositivo legal); e, no plano privado, caso seja mencionada em um contrato como norma a ser observada pelas partes no cumprimento de suas obrigações (Passini & Alvares Sociedade de Advogados, 2021).

Sugerimos que os usuários das informações dessa publicação a cotejem e a harmonizem com outras sobre o mesmo tema, assim possibilitando maior consistência nos termos de referências e contratos e maior eficácia, segurança e economicidade nos estudos, projetos e obras.

Agradecimentos aos sócios, às empresas patrocinadoras da ABGE e a todos que apoiaram e colaboraram com a presente publicação.

João Luiz Armelin

Editor

Erik Wunder

Presidente da ABGE – Gestão 2024-2026

1 INTRODUÇÃO

A sondagem RC (sondagem rotopercussiva em circulação reversa) obtém amostras das litologias perfuradas através do avanço de uma ferramenta cortante modelo RC (*button bit*, broca tricônica ou broca especial), que utiliza o ar comprimido como fluido circulante dentro de hastes de paredes duplas. Este método de perfuração foi desenvolvido pela primeira vez na Austrália na década de 1970 e foi originalmente concebida como uma solução para as dificuldades da perfuração rotativa nas mineradoras de ferro.

A partir de um martelo pneumático de fundo *Down The Hole* (DTH) (Figura 1a), foi desenvolvido um martelo pneumático de fundo específico para sondagem RC (Figura 1b), com recuperação frontal dos fragmentos, proporcionando uma amostragem contínua durante a perfuração, descontaminada e com elevados índices de recuperação. Essa inovação possibilitou recuperação de rochas compactas e/ou compactas fraturadas pelo interior do tubo interno, gerando alíquotas representativas. No mesmo conceito do martelo RC, foi desenvolvido para ambientes de rochas friáveis/solos, brocas tricônicas e/ou brocas especiais que recuperam os fragmentos através do tubo interno, de forma análoga ao martelo RC.

Durante a sondagem RC, o ar comprimido em alta pressão é injetado pelo espaço anelar entre a haste e o tubo interno, transportando os fragmentos na forma de circulação reversa, viajando diretamente do fundo do furo para a superfície através do tubo interno das hastes de perfuração. Os fragmentos passam pelo tubo interno do cabeçote rotativo e perdem velocidade no defletor do cabeçote rotativo. Após esta etapa o fluxo segue por uma mangueira coletora que fica acoplada no ciclone, onde o ar comprimido é eliminado pelo *overflow* do ciclone e as amostras são recuperadas em seu *underflow* (Figura 2).

A sonda RC pode variar o seu tamanho entre pequeno, médio e grande porte, e operam em conjunto com um compressor de alta pressão. As sondas podem ser montadas sobre veículos ou sobre esteiras. (Figura 3a e 3b). Os compressores podem operar nas plataformas das sondas ou em veículos auxiliares. Quando o espaço na plataforma da sonda for limitado, o compressor é montado em veículos auxiliares dentro ou nas proximidades da praça de sondagem (Figura 4) e operam em uma faixa média de 150 a 500psi.

Os compressores de alta pressão injetam o ar no *swivel* do cabeçote rotativo da sonda, onde é direcionado para o espaço anelar entre as hastes até a face da ferramenta de perfuração. O Martelo é acionado a partir da pressão do ar injetado entre o tubo interno e o tubo externo, acionando o pistão e promovendo a frequência de batidas necessárias para que ocorra o impacto do bit com a litologia, triturando assim a rocha. A reversão de ar ocorre na face do *bit* a partir de dois orifícios, popularmente chamados de nariz do *bit*, que são responsáveis pela entrada de fragmentos em seu interior e seguem pelo tubo interno da haste até a superfície, conforme a Figura 1b.

Em projetos de furos profundos serão utilizados compressores de alta pressão em linha, resultando maior volume de ar para a sondagem. Caso seja necessário o aumento de pressão o uso de um compressor de recalque (*booster*) específico para sondagem RC é montado após a linha de compressores de alta pressão.

Adotando procedimentos e ferramental adequado, a sondagem RC gera amostras representativas e de fácil descrição geológica devido ao tamanho dos fragmentos. A umidade da amostra é considerada *in situ*, ou seja, a amostra recuperada possui a umidade natural. Caso as litologias abaixo do lençol freático sejam naturalmente secas, elas serão recuperadas com esta umidade natural, não sofrendo contaminação de umidade de intervalos superiores.

2 FINALIDADE

A sondagem rotopercussiva em Circulação Reversa (RC) é um método de perfuração amplamente utilizado na indústria mineral devido à sua versatilidade em diferentes tipos de formações geológicas, como também a sua capacidade de fornecer amostras representativas. O método é caracterizado

pela utilização de ar comprimido como fluido circulante em hastes de paredes duplas. O ar é injetado no espaço anular entre as hastes e retorna pela camisa interna, impulsionando os fragmentos de rocha (*cuttings*) até a superfície, onde eles são recuperados em ciclones e as amostras obtidas acondicionadas em sacos plásticos.

A sondagem RC tem como finalidade principal a obtenção de amostras, essenciais para a caracterização geológica e geoquímica das rochas. A sondagem RC é particularmente eficaz em terrenos rochosos de alta compacidade e/ou fraturados, onde a perfuração convencional pode apresentar dificuldades devido à baixa taxa de penetração. Além disso, a sondagem RC é capaz de reduzir o tempo improdutivo, como no caso de paradas para troca de brocas, pescaria de testemunhos etc., resultando em uma maior eficiência operacional.

A sondagem RC visa ou permite:

- Aplicação em pesquisa mineral, particularmente na busca por recursos como ouro, cobre, minério de ferro, níquel, fosfato, terras raras, lítio, dentre outros. Este método é popular porque fornece amostras geológicas representativas e sem contaminação, bem como possui melhor produtividade comparado aos outros métodos de sondagem. A Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME) destaca a adequação da perfuração RC para perfuração de depósitos minerais de grandes dimensões, tornando-a uma técnica preferida em tais aplicações. A sondagem rotopercussiva pode ter diâmetros variáveis, na pesquisa mineral comumente os diâmetros de perfuração variam de 4 a 6 polegadas.
- Realização de furos verticais e inclinados até uma inclinação próxima a 45°.
- Utilização no *Grade Control*, a sondagem RC é vantajosa por sua economia e pela alta eficiência em profundidades menores, características essenciais para monitoramento contínuo da mineralização em grandes áreas. A técnica é especialmente útil em operações onde a precisão nas amostras determina o sucesso da extração mineral.
- Utilização em investigações geológicas específicas, como a identificação de feições litológicas, mudanças de fácies, zonas de alta

permeabilidade ou passagens friáveis no interior de maciços rochosos, especialmente quando não há necessidade de obtenção de testemunhos contínuos. A técnica é também utilizada para monitoramento de formações geológicas em profundidade, devido à sua capacidade de coletar amostras de forma rápida e com baixo custo operacional.

- Ser empregada na perfuração para construção de poços tubulares em diversos diâmetros para obtenção de água. Além disso, o método é empregado para investigar e monitorar a profundidade e variação do nível d'água em ambientes diversos, como barragens e outras zonas da mineração para controle de drenagem e estabilidade. Também utilizado em áreas urbanas para gestão de recursos hídricos e monitoramento do nível d'água e em projetos agrícolas para otimização do recurso hídrico. Um dos principais benefícios deste método no monitoramento de água subterrânea é a preservação da qualidade da água. A monitorização regular permite a detecção precoce de poluentes e contaminantes presentes na água subterrânea. Isso é crucial para garantir que a água utilizada para consumo humano e irrigação não represente riscos à saúde pública. Com dados detalhados sobre a qualidade da água, gestores e órgãos ambientais podem implementar medidas imediatas para mitigar a contaminação e proteger os aquíferos.
- A sondagem RC também é comumente utilizada na engenharia geotécnica, gerando amostras para suporte de vários estudos, como amostragem de solo, instalações de poços de monitoramento de águas subterrâneas. A sondagem RC é valorizada nesses projetos por sua capacidade de obter amostras de alta qualidade e não contaminadas, minimizar a poluição do fluido de perfuração e aumentar a eficiência geral da perfuração. Isso a torna uma escolha confiável para capturar dados precisos do subsolo necessários em avaliações geotécnicas.
- A sondagem RC tem se mostrado uma opção vantajosa para a execução de perfisagens geofísicas, como a perfilagem óptica, acústica

e densidade, em razão da sua alta taxa de penetração e do baixo custo em comparação com outros métodos de sondagem. Este método pode ser utilizado como uma ferramenta adicional para complementar investigações mais detalhadas, como a análise da qualidade do subsolo em fundações de estruturas ou em áreas de difícil acesso, onde a perfuração rotativa convencional seria inviável.

- O método também é o mais recomendado para amostragem de desmonte de rochas, pois permite a coleta de amostras mais precisas e com menor contaminação. Isso ocorre porque os fragmentos são transportados diretamente da face do *bit* para a superfície de um tubo interno. Em perfuratrizes tradicionais o nível freático impacta cerca de 20-30% de todo o material mineralizado, tornando impossível a coleta de amostras representativas em furos de desmonte úmidos. Além disso, frequentemente, a boca do furo sofre colapsos durante a perfuração, o que resulta em contaminação.
- A sondagem RC é o método mais indicado para amostragem em pilhas de finos e aterros de material homogêneo ou heterogêneo. Essa metodologia obtém amostras com alta recuperação e confiabilidade, além de ter custo operacional menor que os outros métodos de sondagem.

Principais dados fornecidos pela sondagem rotopercussiva.

- 1) Caracterização tátil-visual dos solos e rochas perfuradas, realizada conforme os critérios estabelecidos pela Norma ABGE 109/2023. Esse processo envolve a identificação detalhada de propriedades geológico-geotécnicas e ambientais, abrangendo aspectos como textura, cor, estrutura, grau de alteração, consistência e plasticidade (no caso de solos), além de competência (no caso de rochas).
- 2) A partir da sondagem *Grade Control*, o método ajuda a identificar com exatidão as áreas de interesse econômico, melhorando o controle na separação entre minério-estéril, minimizando a remoção de material não aproveitável (estéril), desempenhando um papel estratégico no suporte às operações de lavra, reduzindo custos operacionais e otimizando a lavra.

3) Profundidade e variação do nível da água.

Principais limitações da sondagem RC:

- 1) Limitação de informações geológicas: A sondagem RC, embora seja eficiente na coleta de amostras fragmentadas para análise química e litológica, apresenta limitações na entrega de informações geológicas específicas, particularmente no que diz respeito a dados estruturais. Como as amostras são trituradas durante o processo de perfuração, não é possível obter testemunhos contínuos que preservem a integridade das estruturas geológicas presentes no material sondado. Essa fragmentação impossibilita a obtenção de características da rocha, como a orientação de foliações, fraturas/falhas, veios, intrusões etc. Além disso, a ausência de testemunhos impede o uso de técnicas de orientação estrutural, como a medição direta de ângulos de mergulho ou a análise de superfícies, que são frequentemente realizadas em sondagens rotativas diamantadas.

Embora a sondagem RC seja excelente para a delimitação de teores e controle de qualidade do minério, ela não é adequada para estudos geotécnicos e/ou modelagem estrutural detalhada, onde a preservação da integridade do material é essencial para os ensaios geotécnicos, como o ensaio de compressão triaxial, dentre outros. Por isso, é comum utilizar métodos complementares, como a sondagem diamantada, em projetos que exigem análises estruturais precisas.

- 2) A profundidade dos furos representa uma das principais limitações desse método, pois a pressão de ar necessária para transportar o material até a superfície aumenta consideravelmente à medida que o furo se aprofunda. Esse declínio na eficiência do fluxo de ar pode resultar em dificuldades na circulação reversa e até na interrupção do processo de sondagem. Além disso, em grandes profundidades, o aumento da densidade do material e das condições geológicas mais complexas pode exigir ajustes no

equipamento, como o uso de compressores auxiliares e/ou booster ou a utilização de métodos alternativos, tornando a técnica menos viável devido ao alto custo operacional.

- 3) Orientação de trajetória, até o ano de 2024 não foi desenvolvido e aplicado um equipamento para controle da trajetória do furo. A orientação de trajetória do furo é comumente empregado na sondagem rotativa diamantada.

3 DEFINIÇÃO

Sondagem RC é um método de investigação que se utiliza de uma sonda rotopercussiva com sistema de circulação reversa, denominada sonda RC e um compressor. A sonda RC permite tanto a perfuração de solo e rocha como a coleta de amostras através de um processo contínuo durante a perfuração, no qual o fluido ou ar utilizado na perfuração é direcionado para a parte inferior do furo, trazendo as amostras à superfície sem contaminação. Esse método é amplamente utilizado para sondagem *grade control*, exploração *brownfield* e *greenfield*, além de ser eficaz em investigações geotécnicas, especialmente em áreas com restrições ambientais.

4 IDENTIFICAÇÃO

As sondagens rotopercussivas em circulação reversa deverão ser identificadas pelas letras RC, seguidas de número indicativo. Em cada obra, o número indicativo deve ser sempre crescente, independentemente de local, fase ou objetivo da sondagem. Outras siglas, devidamente aprovadas pela fiscalização, podem ser usadas, situação bastante comum na mineração.

Quando for necessário deslocar a sondagem e executar mais de um furo num mesmo ponto de investigação, as sondagens subsequentes terão a mesma numeração do primeiro, acrescida das letras A, B, C etc.

5 EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS

O Executor deve fornecer equipamentos, acessórios e ferramentas para a execução de sondagens que atendam à programação e as especificações estabelecidas no contrato de serviços.

As principais ferramentas e equipamentos na sondagem RC incluem:

- a) Sonda RC: equipamento principal da sondagem rotopercussiva.
- b) Coluna de perfuração, ferramental cortante: São 3 os tipos de ferramentas cortantes na sondagem RC: martelo com *button bit*, broca tricônica RC e broca RC especial.
- i) Os martelos RC's mais comuns no mercado variam de 3 a 5 polegadas e funcionam de forma similar aos martelos convencionais DTH (*Down the hole*). No entanto, o martelo RC possui um tubo interno reforçado por onde são carregadas as amostras recuperadas da sondagem. A principal diferença entre esses dois tipos de martelo é que não há sistema de circulação de ar e coleta de amostras no martelo convencional DTH.

No método de perfuração DTH o ar é injetado pelo centro do martelo, os fragmentos de rocha são lançados pelas laterais do furo até a superfície. Já no método de sondagem RC o ar é direcionado pela lateral do martelo e os fragmentos da rocha são recuperados por canais na face do *bit* e as amostras são direcionadas para o tubo interno do martelo, conforme mostrado na Figura 1.

O *button bit* possui botões de tungstênio que são responsáveis pelo corte, esta peça é acoplada na parte inferior do martelo. Seu uso é indicado para formações diversas e se mostra altamente eficiente em formações compactas e/ou compactas-fraturadas. Os *button bits* mais comuns encontrados no mercado podem ter as seguintes configurações de face: plana, convexo, côncavo e *drop central* (Figura 5a, b, c e d). A escolha de cada

tipo de *button bit*, depende das características do material a ser perfurado.

- ii) As brocas tricônicas RC são comumente utilizadas em formações argilosas, possui três cones que giram de acordo com a rotação empregada pelo cabeçote rotativo. O sistema de recuperação de amostras é similar ao *button bit*. (Figura 5e).
 - iii) Já as brocas RC especiais possuem o sistema de recuperação de amostra similar as brocas tricônicas RC. Mas, sua face possui diversos modelos cortantes como: roletes, PDC, *twister* de vídeo, etc.
- c) As hastes RC são compostas por um tubo externo e um tubo interno (Figura 6). O cabeçote rotativo da sonda RC faz o movimento das hastes. As roscas das hastes RC foram desenvolvidas para resistir aos esforços e profundidades de furos. As roscas comumente utilizadas são do tipo: Matrix, Remet e Metzke.

Cada haste, bem como o seu tubo interno tem uma extremidade macho e uma fêmea que possuem anéis de vedação *o’rings*. O tubo interno é instalado na haste pela sua extremidade fêmea e é mantido na posição por um anel de segurança. Uma vez que as hastes estão rosqueadas, as extremidades dos tubos internos se sobrepõem e são seladas pelos anéis de vedação. O espaço anular entre a haste e o tubo interno transporta o ar sob alta pressão até o martelo, enquanto o tubo interno fornece um canal suave para levar as rochas cominuídas a superfície. As hastes de perfuração mais comuns variam de 3 ou 6 metros de comprimento e possuem diâmetros variando de 3,5 a 4,5 polegadas.

- d) Sistema de Descarga: Corresponde ao caminho que a amostra percorre desde a face do *button bit* até o ciclone. A maioria das sondas RC possui uma válvula acoplada ao sistema de descarga chamada *blowdown*. Geralmente, é uma válvula hidráulica ou pneumática que fecha o tubo interno e redireciona o fluxo de ar para a parte inferior do tubo interno. Essa função é usada para desbloquear os

tubos internos e forçar o ar para fora da perfuração, limpando-a. Isso é feito sem a necessidade de despressurizar e desrosquear a coluna de perfuração, tornando-se uma ferramenta útil em condições de perfuração difíceis e para manter a limpeza do ciclone.

- e) Quarteadores/amostradores: O quarteador é acoplado no ciclone, eles realizam o quarteamento da amostra gerada na operação de sondagem RC. Há vários tipos de sistemas de quarteadores, os mais utilizados em campanhas de sondagem RC são: *Riffle Splitter* e *Rotary Splitter*.

6 EXECUÇÃO

As sondagens rotopercussivas destinam-se à perfuração e à amostragem de solos, maciços rochosos, bem como para a construção de poços de monitoramento em barragens e/ou similares. Na mineração, é indicado para obtenção de amostras em baixas profundidades, podendo atingir profundidade máxima próxima de 500 metros. A atividade deverá seguir os seguintes passos:

- a) A sondagem deverá ser iniciada após limpeza e vistoria de uma área que permita o desenvolvimento de todas as operações em segurança e sem obstáculos. No ato da vistoria, deve-se certificar que o solo se encontra compactado e nivelado. A área deverá ser totalmente isolada com telas cerquite ou grades. Propõe-se uma área mínima para a execução da atividade de 12 x 8 metros. Em locais de difícil acesso e em que as medidas sugeridas não puderem ser atingidas o contratante e o contratado deverão combinar os procedimentos necessários e responsabilidades das partes para a execução da atividade.
- b) Junto ao local onde será executada a sondagem, deverá ser cravado um piquete com a identificação da sondagem, que servirá de ponto de referência para medidas de profundidade e para fins de amarração planialtimétrica.

- c) Deve-se assegurar o posicionamento adequado da sonda RC no local, bem como instalação de acessórios e equipamentos necessários à execução da atividade. As áreas de operação devem ser planejadas para garantir uma distância segura de elementos como linhas de energia, escoramentos, escavações, trincheiras, linhas subterrâneas, fundações e outros obstáculos. As praças em operação precisam ter espaço suficiente para respeitar a distância mínima entre os equipamentos. Além disso, os veículos devem estar corretamente nivelados sobre as patolas.
- d) Deverá ser assegurado que, durante a execução da sondagem, não ocorra surgência de poeira ou água proveniente da boca do furo. O uso de uma caixa defletora, também chamada de BOP, conecta a caixa coletora da boca do furo a uma mangueira que direciona a poeira ou água proveniente do furo para uma área fora da praça de sondagem, deixando a área operacional limpa e sem resíduos.
- e) Devem ser anotados as características táteis e visuais dos fragmentos da sondagem, as profundidades de mudança da velocidade de penetração, perda de ar, bem como intervalos não recuperados.
- f) Mudanças no interior do maciço podem ser percebidas por variações na velocidade de perfuração. Estas deverão ser anotadas, quando necessário, ao longo do trecho de interesse. A velocidade de perfuração pode ser obtida registrando o tempo de avanço a cada intervalo perfurado, utilizando o cronômetro.
- g) Constituem elementos de interesse o registro das características do equipamento utilizado, coluna de hastes, tipo de *bits*, diâmetro de perfuração, etc.
- h) Caso a sondagem intercepte o nível freático, a sua profundidade deverá ser anotada. Quando ocorrer artesianismo não surgente, deverá ser registrado o nível estático.
- i) Após a conclusão da sondagem, o furo poderá permanecer aberto ou totalmente preenchido e no local deverá conter um marco com

o nome do furo. Caso o furo tenha sido alocado por equipe técnica, o marco deverá conter também as coordenadas.

- j) Outros procedimentos de execução além dos acima mencionados podem ser utilizados para atender aos requisitos das diferentes situações encontradas durante as campanhas, sendo necessário prever em contrato as especificações técnicas complementares e os correspondentes preços adicionais.

7 AMOSTRAGEM

A maioria das campanhas de sondagem RC são realizadas visando obtenção de amostras minerais para análises químicas. Nesta metodologia, é imprescindível ter o equipamento e as práticas de amostragem corretas. O sistema de amostragem possui dois componentes principais: o ciclone e o quar-teador (*splitter*).

O ciclone recupera a amostra da sondagem RC pelo underflow e libera o ar comprimido pelo *overflow*. O intervalo amostral é geralmente de um metro, sendo que a cada intervalo se obtenha um saco de amostra representativo. O comprimento do intervalo amostral não interfere na operação de sondagem, geralmente é determinado pela estratégia de amostragem da campanha de sondagem. OBS: o ciclone sempre irá gerar uma amostra integral do intervalo amostral.

A sondagem RC é um método destrutivo, portanto a obtenção de amostras intactas análogas a sondagem rotativa diamantada torna-se impossível. No entanto, é imprescindível uma observação criteriosa dos fragmentos recuperados, como também dos fenômenos ocorridos durante a perfuração. Neste contexto, deve-se coletar as amostras dos fragmentos recuperados a cada intervalo de avanço, de forma a compor a caixa de *chip's*. Ao montar a caixa de *chips*, deve-se montar em duplicidade para cada intervalo, sendo uma amostra *in situ* e outra amostra lavada e peneirada (Figura 7). Este procedimento auxilia a descrição geológica das amostras RC.

O quarteador (*splitter*) de amostras é um equipamento acoplado no *underflow* do ciclone e trata-se de um dos aspectos mais importantes na sondagem RC. Existem vários modelos de quarteadores, sendo que deles resultam de duas a quatro alíquotas representativas das amostras provenientes do ciclone.

Como exemplo: uma amostra de um metro pode variar entre 12 e 50 kg, dependendo da densidade do material e do diâmetro de perfuração. Os fragmentos recuperados passam pelo ciclone e tipo de quarteador, sendo “divididas/quarteadas” gerando alíquotas representativas. O objetivo do quarteador é fracionar a amostra em tamanhos menores, mas ainda representativos da amostra integral.

No mercado há diversos tipos de ciclones e de quarteadores/*splitters*, os mais comuns possuem entre 2 e 4 vertedouros, os vertedouros menores podem ser calibrados entre 3% e 15% da fração recuperada, sendo a fração maior descartada e a menor enviada ao laboratório e/ou homogeneizada com outros intervalos para formar alíquotas compostas, a depender do plano de amostragem definido pelo geólogo responsável. O uso dos quarteadores otimiza a amostragem e o transporte devido representatividade das alíquotas e o menor volume de massa que será transportada.

Sacos plásticos transparentes e resistentes devem ser instalados nos vertedouros para acondicionamento das alíquotas do material sondado, garantindo qualidade e controle da profundidade da amostra. As amostras deverão ser identificadas por duas etiquetas, uma externa e outra interna ao saco plástico, as etiquetas devem conter:

- Nome do cliente;
- Nome do local/alvo;
- Número do furo;
- Intervalo de profundidade da amostra.

8 Modelos de ciclones e quarteadores

- a) Ciclone convencional: O ciclone convencional é constituído por uma entrada e uma única saída, entrega a amostra de forma

integral sem quarteamento. De acordo com o volume de ar comprimido empregado na sondagem RC, se especifica o tamanho do ciclone a ser utilizado. (Figura 8a).

- b) **Quarteador *Rotary Splitter*:** O *Rotary Splitter* é a combinação de um quarteador rotativo acoplado a um ciclone (Figura 8b). Possui um motor que gira um cone que distribui o material em cima do chapéu chinês, gerando um incremento a cada giro.

- » O equipamento possui uma gaveta hidráulica, utilizada para separar a área do ciclone e do quarteador. Durante a perfuração, essa gaveta deve estar fechada, isolando o material que está sendo coletado, garantindo a representatividade de cada intervalo amostral.
- » No quarteamento são geradas 3 alíquotas, sendo: uma alíquota de 15% (laboratório), duas alíquotas de 3% a 15% (arquivo e/ou duplicada) e uma outra alíquota grande (*underflow*). As especificações da quantidade de massa de cada uma dessas alíquotas também ficam a critério do cliente.

- c) **Quarteador *Riffle Splitter*:** O quarteador de rifles usa os níveis para dividir a amostra pela metade, até que o tamanho desejado seja alcançado (Figura 8c).

- » Utilizado para reduzir a velocidade do fluxo de material proveniente do furo e separar a amostra do ar; trata-se de um quarteador acoplado, composto por até 4 níveis.
- » Os rifles usam os níveis para dividir a amostra pela metade, até que o tamanho desejado seja alcançado.
- » A quantidade de níveis irá depender das exigências do cliente em relação a massa de alíquota desejada.
- » Por entregarem duas alíquotas de massas iguais e/ou diferentes, possuem duas saídas.

OBS: De acordo com os níveis de separação, os rifles devem entregar alíquotas de:

- 1º Nível: alíquotas de 50% e 50%
- 2º Nível: alíquotas de 75% e 25%
- 3º Nível: alíquotas de 87,5% e 12,5%
- 4º Nível: alíquotas de 93,5% e 6,25%

9 CUIDADOS NA COLETA E ACONDICIONAMENTO DAS AMOSTRAS

- a) A instalação do saco de amostra no ciclone deve ser feita utilizando a trava para deixar o saco bem preso, de maneira que este não se solte com o peso do material coletado à medida que é depositado. As amostras deverão ser divididas sempre que o peso do metro coletado ultrapassar 25kg.
- b) Após a coleta da amostra pelo ciclone os sacos deverão ser pesados em uma balança mecânica e/ou digital, para a verificação do peso.
- c) Na montagem da caixa de chips para cada metro deverá ser coletado uma amostra *in situ* e uma amostra lavada e peneirada para obtenção de fragmentos maiores que 2 milímetros.
- d) Na tampa e na frente da caixa de chips, deverão ser anotados, com tinta indelével, os seguintes dados:
 - número do furo;
 - nome da obra e do cliente;
 - local/alvo;
 - número da caixa e o número de caixas do furo.
- e) A limpeza do ciclone deverá ser realizada metro a metro após a coleta das amostras.
- f) Os sacos de amostras deverão ser organizados em ordem crescente.
- g) Em situações especiais a coleta da amostra poderá ser realizada com ciclone aberto seguindo as seguintes orientações:

- » O ciclone deverá ficar aberto utilizando o painel de controle do implemento;
- » Instalação de cadeado de bloqueio na caixa do painel de operação do ciclone, visando evitar o acionamento durante a coleta.
- » Instalação de corrente de segurança na parte traseira do ciclone, tensionando e travando as extremidades da corrente na estrutura do ciclone. Trata-se de uma medida redundante para evitar o fechamento repentino do ciclone.
- » Instalar e travar o tubo coletor e operar normalmente o equipamento, realizando a coleta das amostras com sacos plásticos a partir do tubo coletor.

10 Apresentação dos resultados

- a) Informações sobre o andamento da sondagem deverão ser fornecidas a fiscalização diariamente ou quando solicitadas.
- b) Os resultados preliminares de cada sondagem RC deverão ser apresentados simultaneamente a sua execução, por boletins digitais e impressos (Figura 9) bem como o relatório de peso (Figura 10), conforme definido nas especificações e no contrato, que constem, no mínimo:
 - » Nome da obra e do cliente;
 - » Número da sondagem (identificação) e localização do furo;
 - » Diâmetro da sondagem e método de perfuração;
 - » Cota da boca do furo, coordenadas de latitude e a longitude, conforme o Datum definido no projeto;
 - » Datas da execução (início e término);
 - » Tabela contendo o peso recuperado de cada metro sondado, contendo o peso total e o peso de cada alíquota.

- » Tabela com leitura de nível d'água com: data, hora e profundidade do furo no momento da leitura, profundidade do revestimento e observações sobre eventuais fugas de água, artesianismo etc. No caso de não ser atingido o nível d'água, devem-se anotar as palavras “furo seco”.
- » Posição final do revestimento, quando ele for aplicado;
- » Tabela com anotações da velocidade de penetração;
- » Identificação das anomalias observadas;
- » Confirmação do preenchimento do furo após a conclusão ou, se for o caso, motivo do não preenchimento;
- » Descrição sucinta dos materiais atravessados;
- » Motivo da paralisação do furo;
- » Visto do encarregado da executora da obra.

11 PLANEJAMENTO E DIGITALIZAÇÃO DOS RESULTADOS

As Normas e Diretriz Normativas ABGE de sondagens mecânicas (série 100) justificam a importância do planejamento, da digitalização e da padronização das campanhas de investigações, utilizando-se softwares disponíveis no mercado, que possibilitem intercâmbio de informações da campanha, segundo uma linguagem comum, a qualquer tempo, entre os diversos envolvidos nos serviços, principalmente Investidor, Projetista, Fiscalização e Executor. Isso adquire importância ainda maior ao longo do tempo ao assegurar: a) rapidez e eficiência, mesmo que sejam alterados os entes envolvidos durante o período de vida do empreendimento, desde os estudos iniciais, projeto, construção, operação e até o descomissionamento; e b) construção de bancos de dados. Assim também deve ser procedido, tanto quanto possível, com a presente DIRETRIZ NORMATIVA ABGE 114/2025.

12 PRINCIPAIS PARTICIPANTES

Editor: João Luiz Armelin

Autores: Davidson Linhares Espindola da Silva. Marsol de Oliveira Sol.

Revisor(es): João Luiz Armelin

13 REFERÊNCIAS/LEITURAS RECOMENDADAS

Australian Drilling Industry Training Committee Limited (ADITC). *The Drilling Manual*. 5ª ed. CRC Press, 2015.

Alves, Maria de Lourdes de Paula. A influência do monitoramento do fluido e dos parâmetros de perfuração na eficiência da sondagem de minério de ferro: um estudo de caso – 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. NUGEO.

BRAGA, Benedito; GONÇALVES, José Eduardo; KEMPER, Karl E. Hidrogeologia e recursos hídricos estruturais. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 2. BR

CARVALHO, R. F. de. (2014). Análise da eficiência da sondagem rotoperfussiva na Jazida de Ferro de Serra Sul, Serra dos Carajás – 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. NUGEO.

HAPUGODA, S.; MANUEL, J. Techniques Used and problems Encountered in Normal and Reverse Circulation Drilling at the Mt Roseby Project, Cloncurry, North West Queensland. XXV INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS (IMPC) 2010. Brisbane Queensland Australia disponível em : (PDF) Techniques Used and problems Encountered in Normal and Reverse Circulation Drilling at the Mt Roseby Project, Cloncurry, North West Queensland (acesso em 05.12.2024

G Kirk, T.; Muzondo.; D Harney. Improved Grade Control using RC Drilling at Mogalakwena Platinum Mine, South Africa. EIGHTH INTERNATIONAL

MINING GEOLOGY 2011 disponível em : (PDF) Improved grade control using reverse circulation drilling at Mogalakwena Platinum mine, South Africa (acesso em 06.12.2024)

The Australian Drilling and Australian Drilling Industry Training Committee Limited. Drilling: The Manual of Methods, Applications, and Management. 3ª ed. CRC Press, 1997.

STANIĆ, Tomislav. Assessing the Feasibility and Effectiveness of Reverse Circulation in Drilling Operation. Master's Thesis, Montanuniversität Leoben, 2023. Disponível em <https://pureadmin.unileoben.ac.at/ws/portalfiles/portal/24898652/AC17033493.pdf>

VALENZUELA P., Alejandro. Equipo de sondaje de aire reverso para la investigación de minerales. 2015.– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Ingeniería Mecánica, Valparaíso, 2015.

MONTICELLI, J. J. (Ed.) 2021. Investigações geológico-geotécnicas – Guia de boas práticas. Vários autores, 526 p. São Paulo: ABGE.

PASSINI & ALVARES – SOCIEDADE DE ADVOGADOS. 2021. Parecer – Natureza das “Normas” a serem emitidas pela ABGE. Relatório de consultoria jurídica, 13 p. Disponível em www.abge.org.br

SILVA, Davidson Linhares Espindola da. Análise qualitativa de Resultados Geoquímicos em Amostras de Furos Gêmeos de Sondagens Rotativas Diamantadas e Sondagens Rotopercussivas em Circulação Reversa em Depósito de Minério de Ferro- 2025 29 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Recursos Minerais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2025.

ZHANG, X.; LUO, Y.; FAN, L.; PENG, J.; YIN, K. Investigation of RC-DTH air hammer performance using CFD approach with dynamic mesh method. Journal of Advanced Research, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2019.02.001>

Endereços eletrônicos:

<https://www.azomining.com/Article.aspx?ArticleID=62>

<https://pt.scribd.com/document/213964760/Reverse-Circulation-Drilling>

14 REFERENCIAS NORMATIVAS E DIRETIVAS

Cabe ao usuário da presente publicação cotejar a mesma com outras normas (diretrizes, guias, manuais, boletins técnicos, instruções e artigos técnicos, em geral), nacionais e estrangeiras, visando harmonização e melhor aplicação prática nos projetos. No presente caso, recomenda-se considerar, dentre outras, as seguintes publicações:

ABGE NORMA 100/2023: Investigações geológico-geotécnicas para obras de infraestrutura – Métodos e técnicas.

NORMA ABGE 104/2023 – Sondagem rotativa e sondagem mista. Vários colaboradores. 1ª Edição. São Paulo: ABGE, 2023.

NORMA ABGE 105/2023: Imageamento de furos de sondagens- perfilagem óptica e acústica. Vários colaboradores. São Paulo: ABGE, 2023.

NORMA ABGE 106/2024: Sondagem à rotopercussão. Vários colaboradores. 1ª Edição. São Paulo: ABGE, 2024.

Norma ABGE 109/2024: Descrição e classificação de sondagens. Vários colaboradores. 1ª Edição. São Paulo: ABGE, 2024.

NORMA ABGE – 112/2024: Sondagem sônica / L. A. S. Sathler, S. Scervini, G. Hamu. São Paulo: ABGE, 2024.

15 ANEXO ÚNICO

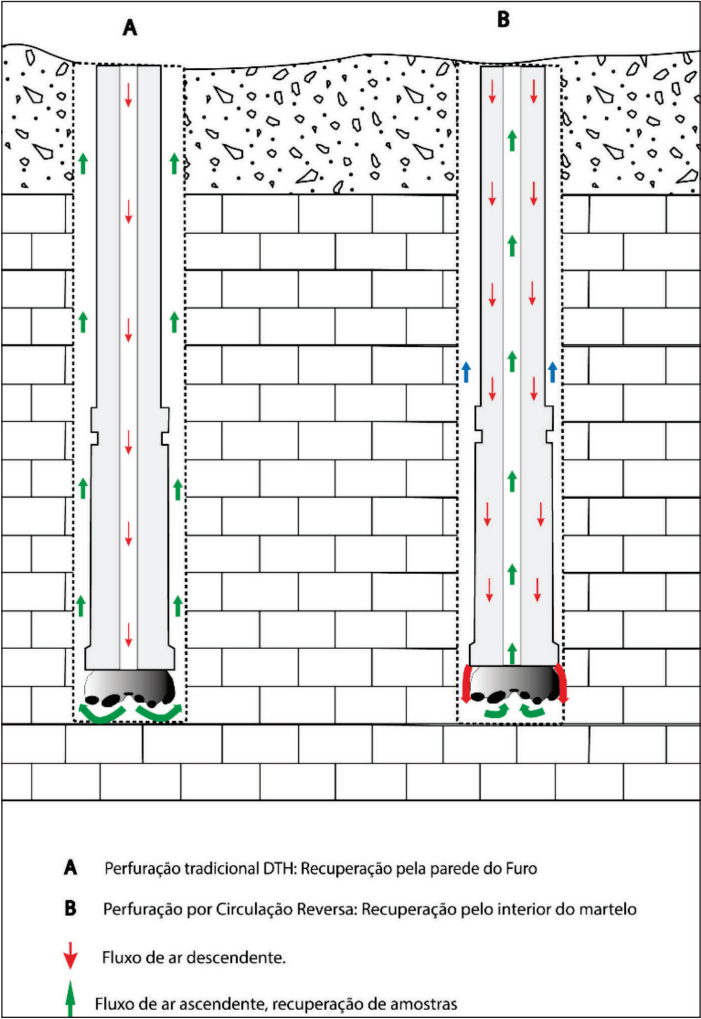


Figura 1 – a) Martelo DTH tradicional. b) Martelo RC.

Fonte: (Silva, 2025)

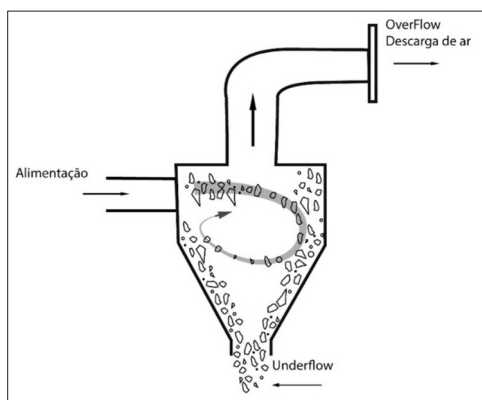


Figura 2 – Fluxo das amostras dentro do ciclone convencional.

Fonte: (Silva 2025)

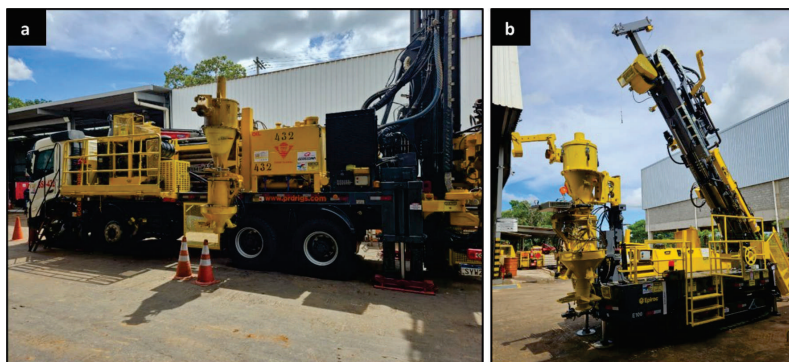


Figura 3 – a) Sonda embarcada em caminhão. b) Sonda sob esteira.

Fonte: Gesosedna Perfurações Especiais S/A



Figura 4 – Sonda RC e compressor embarcado em veículo auxiliar.

Fonte: Geosedna Perfurações Especiais S/A.

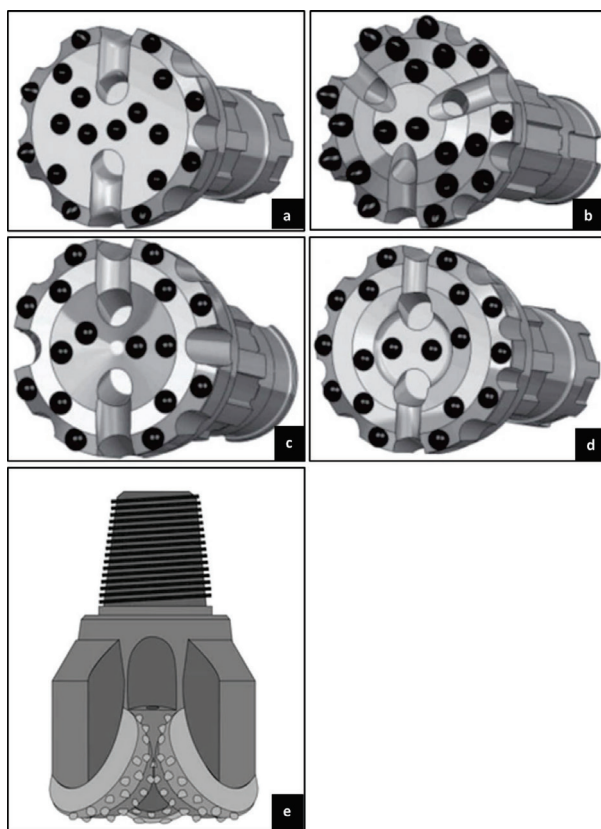


Figura 5 – Configurações de bits: a) face reta; b) Convexo; c) Côncavo; d) *Drop central*; e) broca tricônica. Adaptado do *The Drilling Manual*, 15^o edition

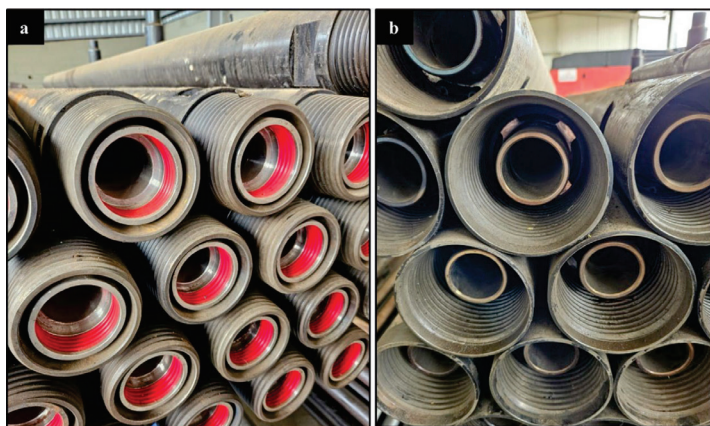


Figura 6 – Hastes de Parede dupla: a) Rosca macho. b) rosca fêmea.

Fonte: Geosedna Perfurações Especiais S/A.



Figura 7 – Caixa de chips: As amostras são colocadas em duplicidade, sendo uma amostra a in situ e outra peneirada e lavada.

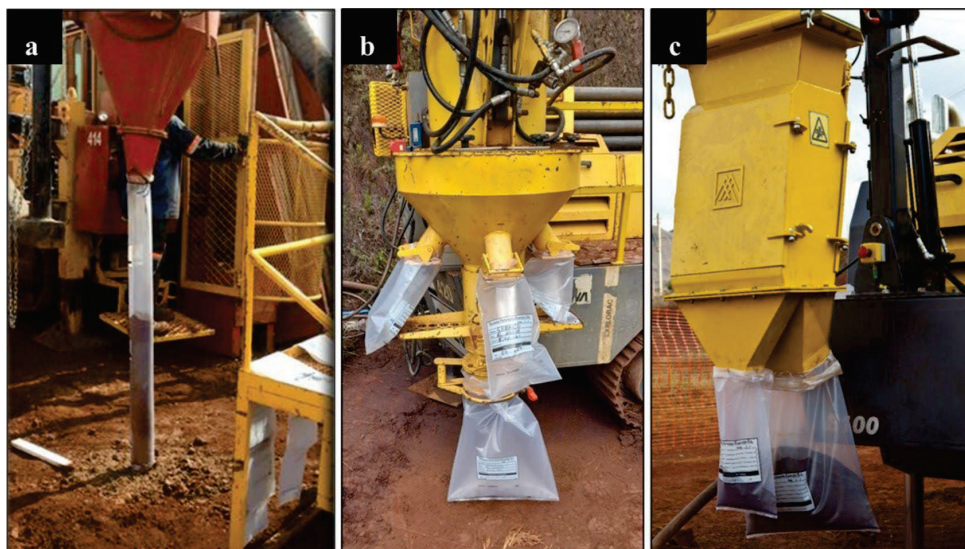


Figura 8 – Tipos de Ciclon: a) Ciclone convencional; b) Rotary Splitter; c) Riffle Splitter.

Fonte: Geosedna Perfurações Especiais S/A

[illegible]

Figura 9 – Exemplo de boletim de sondagem RC.

RELATÓRIO DE PESO - SONDA EM ROTACIONAMENTO EM CIRCULAÇÃO REVERSA													
CLIENTE:						PROJETO:							
SONDA:				INCLIN.:		RECUPERAÇÃO:						DATA:	
METRAGEM:				CÁMERA:		VOLUME TOTAL:						Nº RUO:	
INTERVALO (m)		PESO(kg)	RECUP (%)	VOLUME		INTERVALO (m)		PESO(kg)	RECUP (%)	VOLUME	INTERVALO (m)		PESO(kg)
0,00	1,00					5,00	5,10				10,00	10,10	
1,00	2,00					5,10	5,20				10,10	10,20	
2,00	3,00					5,20	5,30				10,20	10,30	
3,00	4,00					5,30	5,40				10,30	10,40	
4,00	5,00					5,40	5,50				10,40	10,50	
5,00	6,00					5,50	5,60				10,50	10,60	
6,00	7,00					5,60	5,70				10,60	10,70	
7,00	8,00					5,70	5,80				10,70	10,80	
8,00	9,00					5,80	5,90				10,80	10,90	
9,00	10,00					5,90	6,00				10,90	11,00	
10,00	11,00					6,00	6,10				11,00	11,10	
11,00	12,00					6,10	6,20				11,10	11,20	
12,00	13,00					6,20	6,30				11,20	11,30	
13,00	14,00					6,30	6,40				11,30	11,40	
14,00	15,00					6,40	6,50				11,40	11,50	
15,00	16,00					6,50	6,60				11,50	11,60	
16,00	17,00					6,60	6,70				11,60	11,70	
17,00	18,00					6,70	6,80				11,70	11,80	
18,00	19,00					6,80	6,90				11,80	11,90	
19,00	20,00					6,90	7,00				11,90	12,00	
20,00	21,00					7,00	7,10				12,00	12,10	
21,00	22,00					7,10	7,20				12,10	12,20	
22,00	23,00					7,20	7,30				12,20	12,30	
23,00	24,00					7,30	7,40				12,30	12,40	
24,00	25,00					7,40	7,50				12,40	12,50	
25,00	26,00					7,50	7,60				12,50	12,60	
26,00	27,00					7,60	7,70				12,60	12,70	
27,00	28,00					7,70	7,80				12,70	12,80	
28,00	29,00					7,80	7,90				12,80	12,90	
29,00	30,00					7,90	8,00				12,90	13,00	
30,00	31,00					8,00	8,10				13,00	13,10	
31,00	32,00					8,10	8,20				13,10	13,20	
32,00	33,00					8,20	8,30				13,20	13,30	
33,00	34,00					8,30	8,40				13,30	13,40	
34,00	35,00					8,40	8,50				13,40	13,50	
35,00	36,00					8,50	8,60				13,50	13,60	
36,00	37,00					8,60	8,70				13,60	13,70	
37,00	38,00					8,70	8,80				13,70	13,80	
38,00	39,00					8,80	8,90				13,80	13,90	
39,00	40,00					8,90	9,00				13,90	14,00	
40,00	41,00					9,00	9,10				14,00	14,10	
41,00	42,00					9,10	9,20				14,10	14,20	
42,00	43,00					9,20	9,30				14,20	14,30	
43,00	44,00					9,30	9,40				14,30	14,40	
44,00	45,00					9,40	9,50				14,40	14,50	
45,00	46,00					9,50	9,60				14,50	14,60	
46,00	47,00					9,60	9,70				14,60	14,70	
47,00	48,00					9,70	9,80				14,70	14,80	
48,00	49,00					9,80	9,90				14,80	14,90	
49,00	50,00					9,90	10,00				14,90	15,00	
FISCAL													
ENCARGADO													

Figura 10 – Modelo de relatório de folha de peso.