

INFORMATIVO DO NRMG/ABMS

OUTUBRO/2024



Núcleo Regional
Minas Gerais

Fala do Presidente

“ Nesta edição apresentamos, entre diversas ações e eventos realizados pelo NRMG, um breve resumo do andamento do processo de revisão das duas principais normas brasileiras relacionadas à geotecnia de mineração: NBR 13.028 e NBR 13.029, que tratam da disposição e armazenamento de materiais estéreis e rejeitos em pilhas e barragens.

Essas normas, assim como muitas outras, desempenham um papel crucial na padronização das atividades, serviços e produtos correlatos à mineração em nosso país. Espera-se que elas estabeleçam diretrizes claras e objetivas para orientar

adequadamente os profissionais, garantindo que os procedimentos adotados estejam em conformidade com as melhores práticas atuais e com os requisitos de segurança que asseguram o bom desempenho das estruturas.



No entanto, é importante destacar que a simples adesão às normas técnicas nos projetos de engenharia não exime o profissional de sua responsabilidade técnica em caso de falhas. As normas servem como guias, mas o julgamento técnico e a aplicação das melhores práticas continuam sendo uma premissa do profissional responsável.

Cada projeto possui suas particularidades e o engenheiro deve sempre considerar as condições específicas do local e os desafios apresentados, utilizando seu conhecimento para tomar decisões que vão além do que está normatizado. Mesmo porque o processo de atualização e revisão das normas é lento e requer obrigatoriamente consenso na redação proposta, tornando o caminho de passos curtos e contínuos, e que nem sempre conseguirá refletir o estado da arte tão rapidamente quanto deseja a sociedade. ”

Boa leitura!

Fernando Saliba (Presidente)

Nesta Edição

- » Fala do Presidente 1
- » Entrevista com o professor Bengt Fellenius 2
- » Workshop 6
- » Como foi o Slope Stability 2024 7
- » Geomin 2025 7



www.nrmg-abms.com

secretaria@nrmg-abms.com

[abmsnrmg](https://www.linkedin.com/company/abmsnrmg)

[@abmsnrmg](https://www.instagram.com/abmsnrmg)



ENTREVISTA COM O PROFESSOR BENGT FELLENIUS

(por Ivan Vianna, 10 de março de 2024)

O professor Bengt Fellenius recebeu o nosso associado Ivan Libanio Vianna em sua residência na ilha de Vancouver, Canadá, no dia 11 de março de 2024, onde foi gravada o que seria um podcast. Posteriormente foi transcrita e editada via troca de emails entre os dois, saindo de podcast para a entrevista aqui publicada.

Por favor, conte-nos sobre sua história familiar, juventude e período inicial escolar.

Nasci em 1936 em Gotemburgo, Suécia, e cresci em Estocolmo, com minha irmã gêmea e meu irmão. Meu pai, Bror Fellenius, também era engenheiro civil e geotécnico. Minha escola secundária foi a **Norra Real**, a mesma de meu irmão, pai, avô e dos irmãos dele, dos primos e dos meus tios.

Tive cedo uma experiência com mecânica de solos: aos 15 anos consegui um trabalho nas férias de verão em uma equipe de três pessoas realizando ensaios SPT, levantando e soltando manualmente o martelo padrão de 65 kg e tendo um salário equivalente a um dólar por dia. Aqueles dias de verão demoraram a passar e talvez este serviço seja a raiz do meu favorecimento ao CPTu, em detrimento ao SPT. Aos 17 anos, trabalhei como auxiliar de topografia em uma série de estradas rurais, o que me deu uma visão precoce da importância do ajuste à topografia, e também de que o topógrafo pode andar, mas o auxiliar corre.

Aos 18 anos, no verão de 1954, fui para Londres trabalhar no laboratório da **Soil Mechanics Limited**, acionando um aparelho de Casagrande para obter o LL e determinando o teor de umidade, conhecendo pessoas de cujo legítimo direito à fama eu não tomei conhecimento até muitos anos depois.

Depois de terminar o ensino médio e completar o serviço no Exército Sueco e antes da universidade, passei um verão trabalhando para a Ferrovia Sueca, consertando dormentes e substituindo trilhos, em uma equipe de 9 pessoas, uma experiência muito gratificante e de desenvolvimento pesso-

al. Na verdade, todos os meus serviços temporários quando estudante eram trabalhos de construção ao ar livre. Trabalhar ao ar livre faz com que seja mais necessário corresponder às expectativas do que quando se trabalha num escritório, mas a satisfação de cumprir a tarefa é grande – e o salário também é melhor.

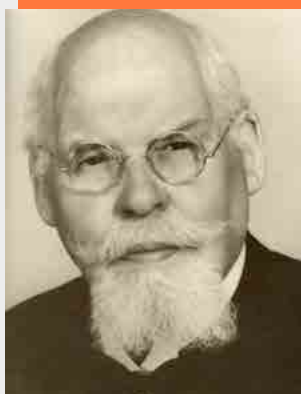
Conte sobre seu encontro com o professor Karl Terzaghi:

Por volta de 1947, **Karl Terzaghi** foi contratado como consultor para o novo aeroporto planejado de Estocolmo. Durante a sua visita, os meus pais o convidaram para jantar e conhecer uma seleção



Karl Von Terzaghi
(1883-1963)

de engenheiros geotécnicos suecos. Na cultura sueca e alemã é comum que um hóspede passe um tempinho com as crianças e **Terzaghi** veio ao meu quarto, onde eu estava ocupado com minha coleção de selos. Lembro-me de **Terzaghi**, e de como tentei me comportar da melhor maneira possível e responder às suas perguntas em meu alemão muito limitado. Guardei a imagem muito impressionante de sua presença imponente e de seus olhos poderosos. Só mais tarde percebi e compreendi a sua importância e a extensão da sua forte individualidade.



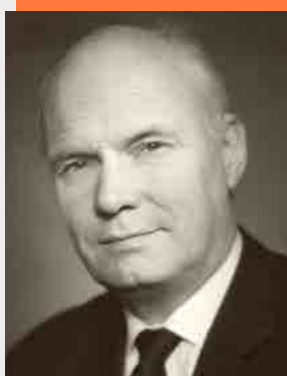
*Wolmar Fellenius
(1876-1957)*

Qual é o histórico familiar em engenharia geotécnica?

Meu avô foi **Wolmar Fellenius**, famoso pelos estudos de estabilidade de taludes, hoje conhecido como "Método de Fellenius". Seu método foi levado ao conhecimento da comunidade geotécnica internacional por

Karl Terzaghi e **Donald Taylor**, sendo amplamente adotado. Ele também desenvolveu análise de capacidade de carga para fundações diretas em sapatas e introduziu o conceito de fatores de segurança para fundações, hoje utilizados. Menos conhecido é que ele inventou a palavra Geotecnia ("geoteknik" em sueco). Ele também foi um pioneiro na utilização de concreto armado na Suécia.

Meu pai, **Bror Fellenius**, foi chefe do Departamento Geotécnico das Ferrovias Suecas e também atuou como presidente da Comissão Sueca de Estacas durante seus primeiros 25 anos. Ele desenvolveu métodos para determinar a resistência ao cisalhamento não drenado de argila, publicados nos anais da 1ª Conferência Internacional de Mecânica dos Solos em 1936. Sua pesquisa ajudou a responder muitas das questões, então não resolvidas, sobre muros de contenção e estacas compridas em argilas. Foi membro fundador da Sociedade Geotécnica Sueca em 1950.



*Bror Fellenius
(1903-1990)*

Conte um pouco sobre sua carreira profissional como engenheiro, por favor:

Em 1959 consegui um estágio nas férias, em um projeto de pesquisa envolvendo a cravação de estacas de 100 m de comprimento em argila mole.

Esse estudo foi a primeira aplicação realizada em escala real de medições dinâmicas em estacas. Isso despertou meu interesse permanente no comportamento de estacas em relação à cravação e à capacidade de carga.

Depois do mestrado como engenheiro civil no Royal Institute of Technology de Estocolmo, quando apresentei uma tese sobre "Novo método de determinação do recalque em argila mole", melhor que seja esquecida. Meu primeiro emprego foi 'tentar' projetar pontes no departamento de pontes das Ferrovias Estatais Suecas, onde fiquei um ano. Então mudei para engenharia geotécnica na Scandiaconsult, onde Rune Lundstrom me deu uma formação sólida em engenharia e geotecnia, além de me ensinar, por exemplo, como um engenheiro sênior deve orientar um engenheiro júnior, lições de treinamento que guardo com valor na memória.

Depois de alguns anos na Scandiaconsult, decidi tentar aprender menos sobre como as coisas eram feitas e mais sobre o porquê. Assim, mudei para o Instituto Geotécnico Sueco, onde o Diretor, Professor Bengt Broms, me convenceu a matricular no programa de pós-graduação do Royal Instituto de Tecnologia em Estocolmo, onde me concentrei no recalque de fundações sob condições a longo prazo, analisando resultados de ensaios instrumentados em sapatas e estacas em solos de granulometria fina. A instrumentação sempre produz valores, porém nem sempre significativos, por isso investi longas horas estudando os efeitos de infiltração e da temperatura em medidores utilizados para medir recalques, poropressão, deformações e cargas em relação à sua utilização, para avaliar a resposta do carregamento de fundações em solos compressíveis. Em diversas ocasiões, fiz pausas temporárias nos estudos para trabalhar em projetos de construção no Reino Unido e no Canadá, para a Scanpile Inc., sob a orientação de seu chefe, Sr. Solve Severinsson.

Meus vários relatórios e artigos, e uma tese sobre o tema do recalque de fundações em estacas e solo circundante, me renderam um Doutorado pela KTH, em 1972.

Convencido por um amigo canadense, vim para Montreal, Canadá, onde trabalhei primeiro para uma empreiteira de fundação (Western Caissons, agora

chamada Agra Foundations) e depois para uma empresa de consultoria em engenharia, Terratech, uma divisão da SNC Lavalin, onde Laval Samson me guiou pacientemente na prática norte-americana de engenharia geotécnica. Em 1976, convenci a Terratech a adquirir um Pile Driver Analyzer, e a Terratech se tornou a terceira empresa de consultoria de engenharia a adquirir o PDA e promover a dinâmica de estacas na indústria da construção.

Em 1977, decidi abrir minha própria empresa, dedicando-me à dinâmica de cravação de estacas e à engenharia geral de fundações. Em 1980, fui convidado a seguir uma carreira acadêmica, como professor de Engenharia Civil na Universidade de Ottawa. Enquanto estive na Universidade, também continuei meu interesse em aplicações de drenagem, realizando estudos de laboratório e de campo.

Em 1980, abri uma empresa comercial distinta, para oferecer serviços de ensaios dinâmicos. Alguns dos meus colegas de trabalho eram ex-alunos e um deles, Pierre Goudreault, aceitou meu desafio para desenvolver um software e aplicar minha abordagem ao projeto de fundações, o que resultou nos softwares UniPile e UniSettle que ele agora comercializa através de sua empresa UniSoftGS Ltd. Outro ex-aluno é Hicham Salem, que agora dirige uma empresa chamada Scientific Applied Concepts Ltd. (SACL), que presta serviços de engenharia de fundações e de escoramento.

Onde e como vive nos dias de hoje?

Minha esposa Annbrit e eu temos três filhos, um é assistente social e trabalha com moradores de rua, sendo muito ativo nas questões sociais. O segundo seguiu carreira em engenharia civil e geotécnica, e ainda está ligado nessa área. O terceiro escolheu geografia e oceanografia, sendo muito dedicado com serviços no Oceano Pacífico.

Aposentei-me da Universidade de Ottawa em 1998, e mais tarde nos mudamos para Calgary, Alberta. Em 2009, nos mudamos para Sidney, Ilha de Vancouver, BC, onde continuo minha prática internacional em consultoria de engenharia geotécnica, que tem envolvido ensaios, análises e projetos de

fundações para plantas industriais, pontes e edifícios altos na América do Norte, bem como no exterior – Oriente e Ocidente.

Como vê a geotecnia nos dias de hoje? Teria alguma recomendação para a nova geração de engenheiros geotécnicos?



Curso do Prof. Fellenius em BH, 2014.

Minha primeira recomendação é ler regularmente os artigos publicados nas diversas revistas técnicas, e aplicar os conhecimentos adquiridos no trabalho diário. Depois, ao ter aprendido alguma coisa, passar para a prática profissional. Gosto de escrever o que aprendi lendo artigos que apresentam histórias de casos, princípios de projetos, resultados de trabalhos de tese, discussões etc. Escrevi um livro chamado "Fundamentos de Projeto de Fundações", destinado a chamar a atenção para aspectos práticos de engenharia, complementando outros textos mais abrangentes. Acredito fortemente na educação continuada e apresentei cursos de curta duração em vários países, incluindo Brasil – Belo Horizonte em 2017 – organizados pela ABMS. Defendo que os resultados de pesquisas e as lições aprendidas devem ser livremente divulgados e, por isso, disponibilizei as minhas publicações para download gratuito no meu site pessoal (www.fellenius.net). O site recebe mais de 40.000 visitantes e tem mais de 200.000 downloads por ano. Uma consequência agradável é o grande número de e-mails recebidos de colegas e estudantes de todo o mundo, dos quais gosto muito. É uma oportunidade de responder à generosidade que experimentei

quando era jovem engenheiro. Eu não era particularmente tímido. Quando tinha alguma dúvida sobre um artigo, escrevia aos autores e como minhas perguntas certamente demonstravam ignorância, muitos não se preocupavam em responder. No entanto, muitas das renomadas autoridades no campo geotécnico da época o fizeram, pacientemente me dando respostas e conselhos, como por exemplo os engenheiros Ralph Peck, Gregory Tschebotarioff, Geoff Meyerhoff, Arthur Casagrande, Alan Bishop, Jorj Osterberg, Gerry Leonards, entre outros. Eu sinto que se esses gigantes da área puderam fazer um esforço em responder a um jovem engenheiro, certamente também me sinto obrigado a responder àqueles que me escrevem.



Home Office (2024)

A engenharia, seja geotécnica ou não, depende do compartilhamento de informações, ideias e fatos. Em certo sentido, é uma profissão social. A mentoria é essencial para o aprendizado. Você descobrirá que a maioria dos pioneiros ou grandes empreendedores em suas áreas tiveram, em algum momento, mentores importantes.

O aspecto principal de toda a nossa engenharia de fundações deve ser o recalque. Embora os nossos códigos e normas, bem como os nossos manuais, coloquem ênfase na capacidade – capacidade das estacas, capacidade de fundação etc., defendendo que a capacidade é irrelevante. A questão está no recalque e na deformação. Uma fundação em estacas com capacidade adequada é geralmente considerada segura e livre de recalques excessivos, e o recalque será considerado posteriormente, quase automaticamente desde que o fator de segurança esteja atendido. Isto nem sempre é verdade. Por outro lado, se o projeto estiver baseado em recalque, a capacidade está sempre zelada. Portanto, o conselho lógico é: "Verifique primeiro o recalque e deformação, e deixe a capacidade de lado".

O conceito de capacidade foi introduzido há 70 ou 80 anos, e é hora de abandoná-lo e voltar aos milhares de anos de experiência em projetos baseados em deformação. Poucos engenheiros falavam sobre capacidade antes de 1940. Mas depois disso se tornou um conceito numericamente tão simples: coloque os números numa fórmula e a engenharia se torna aritmética. Há oitenta anos, a profissão não sabia bem como analisar focando o recalque, mas agora sabemos.

Tenho insistido nisso há mais de 35 anos, desde que percebi que o recalque é a questão principal. É nesse ponto que ainda estou batendo, e espero que, se tiver mais 10 anos, acabe conseguindo que isso seja finalmente reconhecido.

Minha primeira recomendação é ler regularmente os artigos publicados nas diversas revistas técnicas, e aplicar os conhecimentos adquiridos no trabalho diário.

WORKSHOP: PROBLEMAS, SOLUÇÕES E INOVAÇÕES EM SONDAGENS NO BRASIL

Sumário elaborado pela Eng. Cássia Azevedo

Em 07 de junho de 2024, o Núcleo Regional Minas Gerais da ABMS realizou a sua terceira edição do evento Workshop: Problemas, Soluções e Inovações, tendo esse ano como tema as sondagens no Brasil. Os eventos anteriores, em junho de 2023 e em novembro de 2022, trataram sobre execução de Estacas Hélice Contínua e Estacas Cravadas, respectivamente.

O Workshop de sondagens teve um público de 220 geotécnicos de diferentes regiões do país, composto por executores, consultores, construtoras, mineradoras e estudantes de engenharia. O objetivo de proporcionar a interação da academia com o processo executivo e as novas ferramentas disponíveis no mercado brasileiro foi atingido com sucesso.

Tendo sete palestrantes de reconhecida expertise na área como os engenheiros Antônio Damasco Penna, Bruno Castro, Edgar Odebrecht, Hedmilson Bragança, Ivan Libanio Vianna, Marcelo Bois e o geofísico Otávio Gandolfo, o evento contou com o patrocínio das empresas PROGEO, BIOSONDA e HORIZONTE MINEIRO, que fizeram suas apresentações institucionais.

O evento se destacou ao abordar os fatos históricos do SPT no Brasil, a abordagem humanista da execução das sondagens, a necessidade de calibração da energia transferida ao amostrador SPT na sondagem mecanizada durante o ensaio e o valor a ser adotado em projetos, os novos equipamentos hidráulicos disponíveis no mercado, com sondas multifuncionais para ensaios geotécnicos, coleta de amostras, CPT e realização de SPT automático, a utilização do ensaio sísmico crosshole como ferramenta de determinação do G₀ (parâmetro de rigidez de um geomaterial), a aplicação da sondagem sônica na geotecnia de mineração e, finalizando, foram comparadas as investigações geotécnicas com ensaios CPTu e DMT em relação ao SPT tradicional.

Todas as palestras e os vídeos das apresentações encontram-se disponibilizados no site do Núcleo Regional da ABMS-MG (<https://nrmg-abms.com>) em Materiais-Publicações Digitais e Galeria de Vídeos.

Abaixo galeria de fotos do evento.



Eng° Edgar Odebrecht



Prof. Dr. Antônio Sérgio Damasco Penna



Eng° Hedmilson F. Bragança



Eng° Ivan Libanio Vianna



Eng° Bruno A.C. de Castro



Eng° Otávio Coaracy Brasil Gandolfo.



Eng° Marcelo de Araújo Bois



Auditório

COMO FOI O SLOPE STABILITY 2024 SYMPOSIUM?

Por Fernando Saliba

Entre os dias 14 e 18 de abril de 2024 Minas Gerais foi palco do Slope Stability 2024 Symposium, um dos mais importantes eventos internacionais dedicados à estabilidade de taludes em minas a céu aberto e infraestruturas correlatas. Realizado pela primeira vez no Brasil, na Fundação Dom Cabral (FDC) em Nova Lima-MG, o simpósio reuniu mais de 600 participantes, incluindo profissionais de mais de 50 países, além de especialistas, acadêmicos e representantes da indústria para discutir os avanços e desafios na área de geotecnia, tendo como tema principal **"Slopes of the Future"**.

O evento foi organizado pelo Núcleo Regional Minas Gerais da ABMS (NRMG-ABMS) e contou com o apoio do grupo **Large Open Pit Project**, sob a coordenação do geólogo Teófilo Costa, na definição de toda a programação técnica do evento.

Além disso, a escolha de um estado cuja história está profundamente ligada à mineração e que, atualmente, é responsável, junto com o estado do Pará, por mais de 89% da produção brasileira de minerais metálicos, segundo dados da ANM (2020), foi perfeita!

Durante os cinco dias de evento os participantes tiveram a oportunidade de assistir a palestras, participar de minicursos e visitas técnicas, além do prestigiado jantar de confraternização. O simpósio também ofereceu um valioso espaço para troca de conhecimentos e networking junto às 30 empresas que expuseram seus produtos e serviços durante a feira, que permaneceu aberta ao público, incluindo aqueles não inscritos no evento. Seis salas foram dedicadas à apresentação de 180 artigos técnicos selecionados para apresentações orais, enquanto as palestras principais ocorreram exclusivamente no salão principal.

Em seu discurso de abertura, o presidente do congresso, Gustavo Vianna, ressaltou a importância do evento afirmando que "o Slope Stability 2024 não se restringe ao encontro de especialistas mundiais apresentando trabalhos sobre o estado da arte em suas disciplinas, mas também estabelece uma plataforma para a troca de conhecimentos que certamente impulsionará as práticas de segurança e inovação na engenharia geotécnica por todo o mundo." Vianna também enfatizou: "Os dois grandes acidentes com barragens de rejeito que ocorreram em nosso país não representam a qualidade técnica da Engenharia Geotécnica brasileira, que continua contribuindo a nível mundial com o desenvolvimento técnico-científico do setor."

O próximo Slope Stability será sediado na cidade de Lima, no Peru, em 2026. Nos vemos lá!



GEOMIN 2025

O GeoMin, Geotecnia Aplicada à Mineração já está com data marcada! Será realizado durante os dias 14 a 16 de outubro de 2025 no Centro de Convenções da Universidade Federal de Ouro Preto. Cadastre no site oficial do evento (www.geominouropreto.com.br) e receba informações sobre as datas de abertura das inscrições, oportunidades para apoio e patrocínio, programação etc.



NORMAS NBR 13.028 E NBR 13.029: RUMO À CONCLUSÃO

Desde novembro de 2022 o processo de revisão da NBR 13.028 e NBR 13.029, que tratam sobre estruturas de disposição de estéril e rejeitos, tem avançado significativamente se aproximando de sua conclusão.

Sob a coordenação do NRMG-ABMS e com o intenso apoio e orientação da equipe do IBRAM, esta revisão tem sido conduzida com total transparência e lisura, garantindo ampla participação das partes interessadas (figura 1) e buscando sempre um equilíbrio na representatividade dos diversos segmentos envolvidos.

Mensalmente e em formato híbrido, o texto das NBR 13.028 e NBR 13.029 foi discutido e aprovado pelos participantes da Comissão de Estudos Especiais 220 da ABNT. Durante a primeira consulta nacional o texto final de ambas as normas foi discutido e ajustado com base nas sugestões recebidas. Agora um novo processo de consulta nacional foi solicitado à ABNT e será encaminhada a todos os participantes da CEE220.

A representatividade dos participantes, que incluiu a indústria, consultores, órgãos reguladores e academia, foi um ponto forte no processo, segundo o coordenador dos trabalhos Fernando Saliba. Os princípios do consenso e da transparência, pilares obrigatórios deste processo, foram rigorosamente observados, o que garante autenticidade ao processo.

As revisões no texto das normas conseguiram incorporar novos conceitos, demandas e práticas que refletem os avanços nos projetos de pilhas de estéril e barragens de rejeitos. Essas atualizações consideraram as portarias e resoluções vigentes da ANM, assegurando que as normas reflitam as melhores práticas atuais e que obtiveram o consenso de todos os participantes. Três das principais alterações nas normas são destacadas a seguir:

NBR 13.028	• Inclusão de uma nova redação sobre a caracterização química dos rejeitos, excluindo a aplicabilidade da NBR 10.004;
	• Ajuste na redação sobre estudos sísmicos, incluindo a possibilidade de realizar análises de tensão-deformação (condições dinâmicas) quando os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade pelo método de equilíbrio limitem forem muito próximos ou inferiores ao valor mínimo recomendado;
	• Inclusão de orientações sobre estudos de ruptura hipotética.
NBR 13.029	• Inclusão de uma nova redação sobre a caracterização química dos estéréis, também excluindo a aplicabilidade da NBR 10.004;
	• Novo texto sobre a importância dos estudos sísmicos no projeto das pilhas;
	• Esclarecimento sobre os fatores mínimos de estabilidade a serem considerados em condições operacionais e definitivas.

Com a conclusão desta etapa de revisão, o próximo passo será iniciar a discussão sobre o novo texto normativo para empilhamentos de rejeitos, dando continuidade aos trabalhos da CEE 220. A expectativa é que este processo continue a ser conduzido com o mesmo rigor e transparência, refletindo as necessidades e desafios da engenharia geotécnica brasileira.

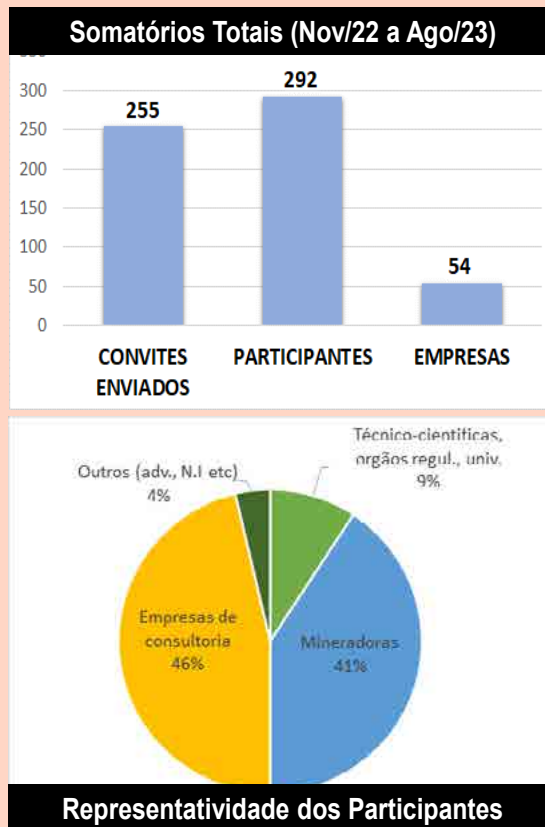


Figura 1 – Representatividade dos participantes da CEE 220.