

Formação e desenvolvimento profissional no setor da engenharia de minas: estratégias, desafios e impacto organizacional

Training and professional development in the mining engineering sector: strategies, challenges and organizational impact

Formación y desarrollo profesional en el sector de la ingeniería de minas: estrategias, desafíos e impacto organizacional

Zacarias Samba dos Santos¹
Francisco Martins Pole²

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo analisar o papel estratégico da formação e do desenvolvimento de competências na Engenharia de Minas, destacando sua contribuição para o desempenho técnico, a segurança operacional e a sustentabilidade organizacional em Angola. A pesquisa adotou

¹ Doutor em Ciências Empresariais
Instituição: Instituto Politécnico de Saurimo.
Universidade Lueji Ankonde
email: zacassantos@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0116-7115>

² Doutor em Minas
Instituição: Instituto Politécnico de Saurimo.
Universidade Lueji Ankonde
e:mail fmartinspole@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7061-3633>

uma abordagem qualitativa, de natureza exploratória e descritiva, baseada em revisão bibliográfica de fontes científicas, institucionais e normativas recentes. Essa metodologia permitiu identificar modelos de formação, lacunas curriculares e práticas empresariais relevantes no contexto mineiro angolano. Os resultados evidenciam que a formação e o desenvolvimento contínuo constituem fatores determinantes para a competitividade e a inovação tecnológica no setor. Observou-se que a integração entre universidades e indústrias, a criação de centros de excelência, a certificação técnica e a inclusão de princípios ESG nos currículos formativos são estratégias essenciais para fortalecer o capital humano e reduzir riscos operacionais. Conclui-se que o fortalecimento de um sistema integrado de formação e desenvolvimento profissional sustentado por políticas públicas, cooperação institucional e inovação tecnológica é fundamental para elevar o padrão de competências dos engenheiros de minas e consolidar uma mineração mais segura, sustentável e alinhada às exigências da economia do conhecimento.

Palavras-chave: formação profissional; desenvolvimento de competências; engenharia de minas; sustentabilidade; inovação.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the strategic role of training and competency development in Mining Engineering, emphasizing their contribution to technical performance, operational safety, and organizational sustainability in Angola. The research adopted a qualitative, exploratory, and descriptive approach, based on a bibliographic review of recent scientific, institutional, and regulatory sources. This method allowed the identification of training models, curricular gaps, and relevant corporate practices within the Angolan mining context.

The results show that training and continuous professional development are key determinants of competitiveness and technological innovation in the mining sector. University–industry integration, the creation of centers of excellence, technical certification, and the inclusion of ESG principles in curricula emerge as essential strategies to strengthen human capital and reduce operational risks.

It is concluded that strengthening an integrated system of training and

professional development supported by public policies, institutional cooperation, and technological innovation is fundamental to raising the competency standards of mining engineers and promoting a safer, more sustainable, and knowledge-driven mining industry.

Keywords: professional training; competency development; mining engineering; sustainability; innovation.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el papel estratégico de la formación y del desarrollo de competencias en la Ingeniería de Minas, destacando su contribución al desempeño técnico, la seguridad operacional y la sostenibilidad organizacional en Angola. La investigación adoptó un enfoque cualitativo, de carácter exploratorio y descriptivo, basado en una revisión bibliográfica de fuentes científicas, institucionales y normativas recientes. Esta metodología permitió identificar modelos de formación, brechas curriculares y prácticas empresariales relevantes en el contexto minero angoleño.

Los resultados muestran que la formación y el desarrollo continuo son factores determinantes para la competitividad y la innovación tecnológica en el sector. Se observó que la integración entre universidades e industria, la creación de centros de excelencia, la certificación técnica y la incorporación de principios ESG en los programas formativos son estrategias esenciales para fortalecer el capital humano y reducir los riesgos operacionales. Se concluye que el fortalecimiento de un sistema integrado de formación y desarrollo profesional sustentado en políticas públicas, cooperación institucional e innovación tecnológica es fundamental para elevar el nivel de competencias de los ingenieros de minas y consolidar una minería más segura, sostenible y basada en el conocimiento.

Palabras clave: formación profesional; desarrollo de competencias; ingeniería de minas; sostenibilidad; innovación.

1. INTRODUÇÃO.

A Engenharia de Minas constitui um dos pilares estratégicos do desenvolvimento industrial e econômico de países ricos em recursos minerais, como Angola. Nesse contexto, a formação e o desenvolvimento contínuo dos profissionais da área revelam-se fatores determinantes para a produtividade, a segurança operacional e a sustentabilidade das operações mineiras. Ao mesmo tempo, a transição tecnológica e as exigências globais de sustentabilidade (ESG) vêm alterando substancialmente o perfil de competências requerido aos profissionais do setor, pressionando empresas e instituições formadoras a atualizar programas de formação e capacitação (World Economic Forum, 2025; OECD, 2024).

A emergência de tecnologias digitais, automação e soluções de monitorização remota exige engenheiros capazes de articular conhecimentos técnicos clássicos com competências digitais e de gestão socioambiental. Relatórios recentes destacam que a escassez de competências técnicas e digitais em diversos países africanos e a necessidade de investimento em formação constituem um entrave ao aproveitamento do potencial de investimento e à implementação de práticas sustentáveis na cadeia de valor extractiva.

Em Angola, iniciativas privadas e parcerias público-privadas têm lançado programas de formação e capacitação técnica, exemplificadas por ações de empresas como a Sociedade Mineira de Catoca e programas de treino implementados em minas diamantíferas, que visam tanto a empregabilidade local quanto a melhoria da segurança operacional (Sociedade Mineira de Catoca, 2024; Mining Review Africa, 2025).

A segurança ocupacional e a gestão de riscos continuam a ser áreas críticas que dependem diretamente da qualidade dos programas de formação e do treino prático. Guias internacionais e documentos de boas práticas sublinham que a cultura preventiva e a formação contínua são determinantes para reduzir acidentes, melhorar a performance operacional e garantir conformidade ambiental e social (ILO, 2014; World Bank, n.d.). Assim, aprimorar a articulação entre a formação académica, os programas de capacitação in-company e as diretrizes internacionais de saúde e segurança é

uma condição necessária para promover operações mais seguras, eficientes e sustentáveis.

Diante dessa realidade, surge a necessidade de compreender como os programas de formação e desenvolvimento podem contribuir para elevar o desempenho e a competitividade das empresas do setor mineiro, promovendo simultaneamente a valorização do capital humano e a sustentabilidade das operações.

Problema de Investigação

Como as práticas de formação e desenvolvimento profissional influenciam a performance técnica, a segurança e a sustentabilidade nas organizações do setor da Engenharia de Minas em Angola?

Objetivos:

Objetivo Geral.

Analisar o papel estratégico da formação e do desenvolvimento de competências na Engenharia de Minas, destacando sua contribuição para o desempenho e a sustentabilidade organizacional em Angola.

Objetivos Específicos.

- Identificar os principais modelos e metodologias de formação utilizados no setor mineiro;
- Examinar as lacunas existentes entre a formação académica e as exigências práticas da indústria;
- Avaliar a importância da formação contínua para a inovação e a segurança operacional;
- Propor estratégias de fortalecimento dos programas de formação e desenvolvimento de engenheiros de minas em Angola.

2. METODOLOGIA.

Este trabalho configura-se como uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa e exploratória, com componente descritivo. A abordagem qualitativa permitiu examinar os conceitos, práticas e lacunas relativas à formação e desenvolvimento profissional no setor da Engenharia de Minas. O carácter exploratório visa identificar e mapear ameaças, desafios e oportunidades,

enquanto o qualitativo objetiva apresentar uma panorama organizado das evidências existentes.

As fontes de informação incluem livros, artigos científicos, dissertações, normas internacionais. O tratamento das informações pauta-se na análise de conteúdo.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

3.1. Formação e Desenvolvimento.

3.1.1 Definições e distinções conceituais.

A formação e o desenvolvimento constituem pilares fundamentais para a construção de competências humanas e organizacionais, sobretudo em setores de elevada complexidade técnica como a mineração. Segundo Chiavenato (2020), a formação representa o processo sistemático de capacitação dos trabalhadores, voltado para a aquisição de conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias ao desempenho eficiente das suas funções. Já o desenvolvimento vai além do treinamento imediato, envolvendo uma visão estratégica de crescimento profissional e pessoal a longo prazo.

De acordo com Silva e Oliveira (2021), a formação profissional deve ser entendida como um investimento e não como um custo, uma vez que possibilita às organizações aumentarem a sua produtividade e adaptabilidade num ambiente competitivo e em constante transformação tecnológica. Na mesma linha, Marques e Rodrigues (2023) argumentam que o desenvolvimento humano corporativo abrange a gestão do conhecimento, a aprendizagem organizacional e a criação de uma cultura voltada à inovação.

Os conceitos de formação profissional (training) e desenvolvimento profissional contínuo (*continuing professional development - CPD*) têm sido amplamente discutidos nas literaturas de educação e engenharia, sendo frequentemente interligados, mas com propósitos distintos. A formação profissional refere-se ao processo inicial e estruturado de aquisição de conhecimentos, habilidades e atitudes que permitem ao indivíduo desempenhar uma função específica. Geralmente ocorre no âmbito académico ou técnico, envolvendo currículos formais, certificações e programas de capacitação orientados à inserção profissional (Ngonda, Nkhoma, & Falayi, 2024).

Por outro lado, o desenvolvimento profissional contínuo abrange um processo permanente de aprendizagem que se estende ao longo da carreira do profissional, visando a atualização, ampliação e renovação das competências adquiridas na formação inicial (McHenry & Krishnan, 2022). O Engineering Council of South Africa define CPD como “a manutenção sistemática, aprimoramento e ampliação do conhecimento e das habilidades, bem como o desenvolvimento das qualidades pessoais necessárias para o desempenho profissional e técnico ao longo da carreira” (Engineering Council of South Africa, 2023, p. 4).

Esse processo contínuo é essencial em setores de rápida evolução tecnológica, como a Engenharia de Minas, nos quais as mudanças em segurança, sustentabilidade e digitalização exigem profissionais em constante atualização (Young, McKenzie, & Thomas, 2024).

3.1.2. Características principais do Desenvolvimento Profissional de Qualidade.

A literatura contemporânea identifica um conjunto de características que definem o desenvolvimento profissional de qualidade, especialmente em contextos de engenharia. Entre elas, destacam-se (quadro 1):

Quadro 1.

Características do desenvolvimento profissional.

Característica	Descrição
Relevância contextual	O desenvolvimento profissional deve estar alinhado com os requisitos do trabalho, com as tecnologias correntes, desafios de segurança e demandas ambientais do setor. PD desconectado do contexto real tende a ter impacto limitado.
Aprendizagem ativa e situacional	Envolvimento prático, aprendizagem no local de trabalho, simulações, estudo de casos, mentoria, etc. O conhecimento acontece não apenas em sala de aula, mas em interação com problemas reais ou cenários simulados.
Aprendizagem formal e informal	Atividades formais (cursos, certificações) combinadas com informalidade (troca entre pares, comunidades de prática, autoaprendizagem). A informalidade é muitas vezes

	negligenciada, mas fundamental para que o conhecimento seja adaptado às necessidades específicas.
Continuidade / ao longo da carreira	Não se trata de intervenções pontuais, mas de processos contínuos, adaptativos, que acompanham a evolução tecnológica, regulatória, de segurança e de mercado.
Avaliação e feedback	Monitoramento dos resultados, reflexão, aprendizagem com erros, incidentes, casos práticos, e ajustes ao programa de desenvolvimento. A interação entre aprendizagem, prática e avaliação fortalece o impacto.

Nota: estas informações foram tomadas dos trabalhos de (McHenry & Krishnan (2022); Holdsworth et al. (2022); Mesuwini et al., (2023); Young et al. (2024); Ngonda et al. (2024)).

3.1.3 Modelos e abordagens de Formação e Desenvolvimento aplicáveis à Engenharia

Segundo os autores citados no epígrafe anterior, diversos modelos contemporâneos têm sido aplicados no campo da Engenharia e mostram-se relevantes para o contexto da Engenharia de Minas:

- Aprendizagem integrada ao trabalho (Work-Integrated Learning (WIL)): combina teoria e prática em ambientes reais da indústria, fortalecendo a empregabilidade e o domínio de competências situacionais. Pesquisas na África Austral evidenciam que a parceria entre universidades e o setor mineiro é essencial para preparar engenheiros capazes de enfrentar desafios técnicos e de segurança.
- Educação baseada em competências (Competence-Based Education CBE): estrutura o currículo e a avaliação com base em perfis de competências específicas técnicas, digitais e socioambientais. Essa abordagem tem se mostrado eficaz em programas de Engenharia Industrial e de Gestão, promovendo adaptabilidade e pensamento crítico.
- Frameworks centrados na segurança profissional: enfatizam o aprendizado em contextos reais e reflexivos, priorizando valores de responsabilidade, prevenção e ética nas profissões de risco, como a mineração.

- Modelos híbridos e modulares: integram aulas presenciais, treinamentos práticos, módulos on-line e certificações, favorecendo a formação contínua em contextos geográficos amplos e tecnologicamente desafiadores.

3.1.4 Implicações conceituais para o setor de Engenharia de Minas.

Com base nessas definições e abordagens, algumas implicações tornam-se evidentes para o setor mineiro:

1. Integração entre formação inicial e contínua: universidades e empresas devem cooperar para assegurar uma transição fluida entre a formação académica e o desenvolvimento profissional contínuo.
2. Ampliação das competências profissionais: além do domínio técnico, competências digitais, socioambientais e éticas devem ser incorporadas desde a formação inicial.
3. Segurança e sustentabilidade como pilares formativos: a inclusão de conteúdos de segurança e ESG desde as etapas iniciais de formação gera profissionais mais conscientes e resilientes.
4. Adaptação ao contexto local: os modelos internacionais devem ser ajustados à realidade angolana, considerando limitações de infraestrutura, recursos e cultura organizacional.

Em síntese, a formação e o desenvolvimento configuram um processo dinâmico e contínuo que transcende o simples treinamento operacional, contribuindo para a competitividade organizacional e para a promoção de práticas sustentáveis no setor mineiro.

3.2. A Formação na Engenharia de Minas em Angola.

3.2.1 Panorama institucional e oferta académica.

Em Angola, a formação em Engenharia de Minas é oferecida por universidades públicas e privadas que têm vindo a ampliar a sua oferta curricular nas áreas de geociências e mineração. Essas ofertas académicas representam o alicerce para o recrutamento de quadros nas empresas mineiras nacionais e para a implementação de programas de formação continuada. A

continuação no quadro 2 mostra uma síntese das universidades angolanas que oferecem o curso de Engenharia de Minas.

Quadro 2.

Representação de cursos de Engenharia de Minas e áreas afins em instituições de ensino superior de Angola.

Instituição de Ensino Superior	Faculdade / Instituto	Curso Oferecido	Regime de Frequência	Observações Relevantes
Universidade Mandume Ya Ndemufayo (UMN)	Instituto Politécnico da Huíla (IPH)	Engenharia de Minas	Diurno e Pós-laboral	Curso voltado à formação de engenheiros para a exploração, gestão e processamento de recursos minerais.
Universidade Internacional do Cuanza (UNIC)	Faculdade de Engenharia e Tecnologia	Engenharia de Minas	Diurno	Programa de licenciatura voltado à formação de profissionais qualificados para atuar no setor mineiro nacional e internacional.
Instituto Superior Metropolitano de Angola (IMETRO)	Faculdade de Engenharia	Geologia e Minas	Diurno e Pós-laboral	Combina fundamentos de geociências com técnicas aplicadas à prospecção e exploração mineral.
Universidade Agostinho Neto (UAN)	Faculdade de Engenharia	Engenharia de Minas	Diurno	Curso com plano curricular próprio, voltado à exploração e gestão de recursos minerais, com ênfase em sustentabilidade e inovação tecnológica.

Universidade Técnica de Angola (UTANGA)	Faculdade de Engenharia	Engenharia de Minas / Geologia	Diurno e Pós-laboral	Apresenta unidades curriculares específicas em Geologia e Engenharia de Minas, evidenciando esforços institucionais para a formação técnica e superior no setor.
Universidade Lueji A'Nkonde (ULAN)	Instituto Politécnico de Saurimo.	Engenharia de Minas	Diurno e Pós-laboral	Dispõe de unidades curriculares específicas em mineração e outras complementares que reforçam curriculum dos graduados.

Nota: Elaboração própria com base nas informações institucionais disponíveis nos sites oficiais das universidades (UAN, UMN, UTANGA, UNIC, IMETRO, ULAN).

3.2.2 Formação técnica e iniciativas empresariais

Paralelamente à formação universitária, empresas do sector assumem papel central na capacitação técnica de profissionais e comunidades locais. Iniciativas de responsabilidade social empresarial e de desenvolvimento local são exemplificadas por programas de formação da Sociedade Mineira de Catoca, que têm capacitado milhares de jovens e trabalhadores nas comunidades da província da Lunda Sul; sendo esta uma das empresas líderes no setor mineiro altamente comprometida com o desenvolvimento da sociedade angolana (Sociedade Mineira de Catoca, 2024). Adicionalmente, projetos de formação operacional e “operational-readiness” têm sido lançados por organizações e fornecedores externos (ex.: Prisma Training Solutions), com currículos que combinam metrologia, operação de máquinas móveis e protocolos rigorosos de segurança, visando preparar a força de trabalho para operações modernas e seguras (Brandt, 2025).

Estas ações empresariais respondem a duas necessidades simultâneas: (a) promover empregabilidade e inclusão local; e (b) suprir lacunas técnicas

que as formações académicas muitas vezes generalistas não conseguem, por si só, cobrir rapidamente.

3.2.3 Política pública e planeamento sectorial.

O quadro estratégico-institucional para o desenvolvimento da actividade mineira em Angola tem vindo a ser formalizado por instrumentos de planeamento e políticas públicas. O Programa de Desenvolvimento e Modernização da Actividade Geológico-Mineira (PDS 2023–2027), publicado por organismos nacionais, articula iniciativas para fortalecer capacidades técnicas e sanear a cadeia de valor dos recursos minerais, incluindo componentes relacionados com formação, modernização tecnológica e desenvolvimento local (ANRM, 2025). Esses instrumentos indicam um reconhecimento institucional da necessidade de investir em capital humano como fator essencial para a competitividade do sector.

O Ministério dos Recursos Minerais, Petróleo e Gás (MIREMPET) tem desempenhado um papel relevante na promoção de iniciativas voltadas à formação, capacitação técnica e articulação entre os atores públicos e privados do sector mineiro. As ações do ministério revelam um esforço sistemático de fortalecimento do capital humano, por meio de seminários, fóruns de investimento e conferências internacionais que abordam tanto a modernização tecnológica quanto a sustentabilidade e a qualificação profissional do sector (MIREMPET (2024); Estado News (2025); MIREPET (2025)).

3.2.4 Lacunas e desafios específicos do contexto angolano.

Apesar do crescimento da oferta formativa e das iniciativas empresariais, a literatura e documentos institucionais apontam para desafios persistentes:

- **Desconexão prática-académica:** currículos universitários nem sempre incorporam práticas laboratoriais actualizadas ou estadias integradas no local de trabalho (WIL) com intensidade suficiente, o que limita a prontidão operacional dos recém-formados. Por vezes a ausência ou limitações nas parcerias sistemáticas universidade-indústria restringe a exposição dos estudantes a contextos reais de trabalho. (ver UAN; UTANGA; análise comparativa com WIL em África Austral Ngonda et al., 2024).

- **Capacidade técnica e infra-estrutura:** muitas instituições enfrentam limitações em laboratórios, equipamento de processamento mineral e sistemas de simulação, condicionando a qualidade do ensino prático.
- **Escala e cobertura da formação técnica:** programas empresariais têm impacto local significativo, mas cobrem apenas uma parcela da demanda nacional por formação técnica padronizada e acreditada.
- **Necessidade de CPD e especialização em áreas emergentes:** a rápida incorporação de tecnologias digitais, automação e requisitos ESG exige programas de formação contínua (CPD) padronizados e certificados, atualmente insuficientes em escala nacional.
- **Dependência de parceiros externos:** para preencher lacunas técnicas e de segurança, muitas empresas angolanas recorrem a provedores regionais (por exemplo, fornecedores sul-africanos) ou a consultorias internacionais, o que pode ser eficaz, mas também indica fragilidade na capacidade local de formação especializada (Brandt, 2025).

3.3. Desenvolvimento de Competências e Inovação.

O desenvolvimento de competências tem-se afirmado como um dos eixos estruturantes da competitividade e da sustentabilidade no setor mineiro contemporâneo. Em contextos de elevada complexidade técnica, como o da Engenharia de Minas, a formação contínua e o aperfeiçoamento profissional constituem-se fatores decisivos para a inovação, a eficiência operacional e a segurança das operações. Conforme argumenta Hager (2021), o conceito de competência ultrapassa o domínio técnico e envolve também dimensões cognitivas, sociais e éticas que permitem aos profissionais atuarem de forma criativa e responsável diante de desafios complexos e mutáveis.

A literatura recente enfatiza que o desenvolvimento de competências no setor mineiro deve estar fortemente associado à transformação tecnológica e digital. Tecnologias emergentes, como sensoriamento remoto, automação, inteligência artificial e mineração 4.0, estão a redefinir as exigências de qualificação dos engenheiros de minas. Segundo Costa et al. (2023), essas mudanças demandam profissionais com competências híbridas, capazes de integrar conhecimentos técnicos clássicos (geotecnia, perfuração,

processamento mineral) com competências digitais e analíticas voltadas à gestão de dados e à sustentabilidade ambiental.

Nessa linha, a abordagem da educação baseada em competências (Competence-Based Education (CBE)) tem ganhado relevância nas engenharias, por alinhar os processos de formação às competências profissionais requeridas pelo mercado e pelas metas organizacionais. Mulder (2017) destaca que o CBE promove a aprendizagem ativa e orientada a resultados, fortalecendo a capacidade de inovação e adaptabilidade dos engenheiros frente às mudanças tecnológicas e regulatórias. No caso da Engenharia de Minas, essa abordagem se traduz em currículos que integram simulações, estágios supervisionados, projetos colaborativos e práticas laboratoriais, favorecendo o aprendizado experiencial e o desenvolvimento de habilidades situacionais.

Outro fator crítico é o vínculo entre desenvolvimento de competências e cultura de inovação. Empresas mineiras líderes, como Rio Tinto e Anglo American, investem fortemente em programas de “innovation-driven upskilling”, nos quais a aprendizagem é contínua e voltada à solução criativa de problemas complexos (World Economic Forum, 2022). Em Angola, esse movimento começa a se refletir nas estratégias de empresas como a Sociedade Mineira de Catoca, que têm adotado programas de capacitação interna voltados à inovação tecnológica e à sustentabilidade operacional, em parceria com universidades e centros de investigação (Catoca, 2024).

Além do domínio técnico e digital, o desenvolvimento de competências socioambientais também ganha centralidade. Segundo Haryono et al. (2022), a incorporação de princípios ESG (Environmental, Social and Governance) nos programas de desenvolvimento profissional é essencial para alinhar a inovação às responsabilidades ambientais e sociais das organizações. Assim, a formação de engenheiros de minas inovadores não se limita ao domínio tecnológico, mas inclui a capacidade de pensar eticamente, comunicar eficazmente e atuar de modo sustentável em ecossistemas industriais complexos.

Por conseguinte, o desenvolvimento de competências e a inovação não são processos paralelos, mas interdependentes. A inovação só se consolida de

forma sustentável quando suportada por competências técnicas, cognitivas e socioambientais sólidas, promovidas através de programas contínuos de aprendizagem organizacional e políticas institucionais de formação integrada.

3.4. Formação, Segurança e Sustentabilidade.

A segurança operacional e a sustentabilidade ambiental têm emergido como componentes inseparáveis da formação profissional no setor de mineração. A crescente conscientização global acerca dos impactos ambientais, sociais e de governança corporativa (ESG), assim como das exigências regulatórias mais rígidas e das expectativas sociais, impõe que os programas de formação e desenvolvimento integrem práticas de segurança e responsabilidade socioambiental de forma sistemática.

3.4.1. Segurança no contexto da formação profissional.

Diversos estudos recentes enfatizam que a formação em segurança precisa acompanhar as evoluções tecnológicas do setor minerário. Por exemplo, a academia Murray & Roberts Cementation, na África do Sul, adapta seus programas para incluir simulações de cenários reais, realidade virtual e realidade aumentada, treinamentos que permitem aos trabalhadores experimentar situações de risco controlado antes da exposição real, reduzindo incidentes (African Mining Online, 2023).

Além disso, tecnologias como monitoramento contínuo da atmosfera da mina, gestão automática da concentração de poeira e uso de modelos computacionais para prever condições de risco estão sendo estudadas e utilizadas para reforçar a segurança no trabalho mineiro (Trubicina et al., 2024). Essas tecnologias, quando integradas à formação técnica, permitem que os profissionais adquiram competências práticas para gerir riscos reais.

3.4.2. Sustentabilidade ambiental e integração nos currículos de formação.

A noção de sustentabilidade é hoje central nos programas de formação do setor de mineração. Em artigo publicado na revista *Sustainability* (2022), “Mining Safety and Sustainability - An Overview”, os autores destacam que práticas sustentáveis como gestão de resíduos, conservação da biodiversidade, recuperação de áreas degradadas e manejo de impactos

hídricos deveriam estar integradas desde a formação técnica e universitária, não como módulos isolados, mas como partes integrantes do ethos formativo.

Em ambientes africanos, ações públicas e privadas também condenam que programas de desenvolvimento de competências incorporem elementos ESG, tanto para conformidade regulatória quanto para obter licença social para operar. A demanda por cursos de formação que incluam ESG como componente central cresce rapidamente, como mostra Prisma Training Solutions, que enfatiza que a transição para práticas mais “verdes” em mineração depende de profissionais qualificados para tecnologia limpa, eficiência ambiental e perfil de liderança sustentável.

3.4.3. Intersecção entre segurança, ESG e inovação tecnológica.

A integração entre segurança e sustentabilidade encontra suporte em inovações tecnológicas que promovem tanto a proteção dos trabalhadores quanto a minimização dos impactos ambientais. Um exemplo é o desenvolvimento de sistemas de alerta preditivo para monitorar condições inseguras em minas (ex.: concentração de poeira, flâmulas de gás, estabilidade estrutural), uso de algoritmos para prever incidentes, automação em operações de risco elevado, entre outros. Segundo Moshood (2023), tais inovações não apenas aumentam a segurança, mas também contribuem para práticas mais sustentáveis, pois reduzem desperdício, poluição e riscos de acidentes ambientais.

Outra dimensão crítica é o fortalecimento da cultura organizacional de segurança e sustentabilidade. Empresas que, em seus treinamentos, enfatizam valores como responsabilidade, reporte de incidentes, participação ativa dos trabalhadores na identificação de riscos e governança transparente, tendem a registrar menores taxas de acidentes e maior aceitação pela comunidade local.

3.4.4. Desafios e implicações para Angola.

Para Angola, incorporar segurança e sustentabilidade na formação de engenheiros de minas enfrenta desafios estruturais:

- Infraestrutura limitada para simulações realistas e laboratórios bem equipados que permitam treinar sob condições operacionais e ambientais variadas.

- Escassez de programas formais de CPD com certificações reconhecidas que incluam módulos de ESG e segurança atualizados tecnologicamente.
- Falta de uniformização regulatória ou padronização nacional de formação em segurança, ambientalidade e responsabilidade social, o que pode gerar práticas muito divergentes entre empresas ou regiões.
- Necessidade de sensibilização institucional, tanto em universidades como empresas, para reconhecer que segurança e sustentabilidade agregam valor organizacional e reduzem riscos operacionais e reputacionais.

4. PROPOSTA DE ESTRATÉGIAS PARA O FORTALECIMENTO DA FORMAÇÃO DESENVOLVIMENTO NA ENGENHARIA DE MINAS EM ANGOLA.

A competitividade e a sustentabilidade das organizações mineiras dependem crescentemente da capacidade de formação e atualização contínua de seus profissionais. Segundo Mulder (2017), o desenvolvimento de competências técnicas e transversais constitui o principal eixo de diferenciação entre economias baseadas em recursos naturais e economias baseadas no conhecimento. No caso angolano, onde o setor mineiro desempenha um papel estruturante na economia, a formação de engenheiros de minas deve responder simultaneamente às exigências tecnológicas, ambientais e sociais contemporâneas.

Com base nas lacunas identificadas na literatura e nas práticas observadas em contextos internacionais, propõem-se a seguir cinco estratégias científicas e operacionais orientadas ao fortalecimento da formação e do desenvolvimento profissional no setor de Engenharia de Minas em Angola. Cada estratégia apresenta sua justificação teórica, objetivo científico e importância prática, de modo a sustentar uma proposta coerente de transformação sistêmica.

Estratégia 1 - Alinhamento Curricular e Integração Universidade–Indústria

Justificação científica:

A literatura sobre educação em engenharia destaca que a pertinência curricular é um fator determinante para a empregabilidade e a inovação tecnológica (Baluku et al., 2022; Fernandes et al., 2023). Países com forte articulação entre academia e setor produtivo como Austrália, Canadá e África do Sul desenvolveram modelos de *work-integrated learning (WIL)* que reduzem o descompasso entre teoria e prática (Mining Education Australia, 2023).

Objetivo:

Promover uma reforma curricular baseada em competências reais de trabalho, mediante cooperação sistemática entre universidades, empresas mineiras e órgãos reguladores.

Importância:

Essa integração favorece o desenvolvimento de engenheiros mais adaptáveis, aptos a lidar com tecnologias emergentes, segurança operacional e desafios de sustentabilidade. Além disso, estimula a inovação aplicada e aumenta a taxa de absorção de graduados no mercado.

Estratégia 2- Criação de Centros de Excelência e Laboratórios de Inovação Mineira

Justificação científica:

De acordo com a UNESCO (2023) e a African Union Development Agency (2023), os Centros de Excelência em Engenharia e Tecnologias Industriais têm se mostrado instrumentos eficazes para promover a transferência de conhecimento e a pesquisa aplicada em África. Esses centros integram formação, investigação e extensão, articulando inovação tecnológica e desenvolvimento local.

Objetivo:

Estabelecer polos universitários de excelência em Engenharia de Minas, com foco em automação, segurança, energia sustentável e gestão ambiental, apoiados por parcerias internacionais e pelo MIREMPET.

Importância:

Os centros de excelência funcionarão como núcleos de inovação científica, capazes de formar técnicos e engenheiros altamente qualificados, gerar

patentes, e disseminar boas práticas tecnológicas em toda a cadeia produtiva da mineração.

Estratégia 3 - Desenvolvimento Profissional Contínuo (CPD) e Certificação Técnica.

Justificação científica:

O conceito de *Continuing Professional Development (CPD)*, amplamente adotado por conselhos de engenharia (Engineering Council, 2024; ASCE, 2022), sustenta que a competência profissional deve ser mantida e atualizada ao longo da carreira. Em indústrias de risco elevado, como a mineração, a atualização permanente está diretamente associada à redução de incidentes e à melhoria da produtividade (ILO, 2023).

Objetivo:

Criar um Sistema Nacional de Certificação e Acreditação Profissional em Engenharia de Minas, integrando universidades, associações profissionais e empresas do setor.

Importância:

Tal sistema garantiria padrões mínimos de qualidade técnica, ética e segurança, promovendo mobilidade profissional regional e o reconhecimento internacional das competências dos engenheiros angolanos.

Estratégia 4 - Integração de ESG, Segurança e Sustentabilidade na Formação.

Justificação científica:

Estudos recentes indicam que a formação em Engenharia de Minas deve incorporar valores éticos, sociais e ambientais, alinhados aos princípios de *Environmental, Social and Governance (ESG)* (Responsible Mining Foundation, 2023; OECD, 2022). A integração entre segurança ocupacional e sustentabilidade corporativa é considerada uma das tendências globais da mineração responsável.

Objetivo:

Inserir no currículo acadêmico e técnico módulos obrigatórios de ética

profissional, gestão de riscos, economia circular, e responsabilidade socioambiental, articulados com práticas de campo e projetos interdisciplinares.

Importância:

A incorporação sistemática de ESG e segurança promove uma mudança cultural no setor, fortalecendo a imagem internacional da mineração angolana e contribuindo para a redução de acidentes, passivos ambientais e conflitos comunitários.

Estratégia 5- Internacionalização e Redes de Cooperação Científica

Justificação científica:

A internacionalização do ensino superior é uma dimensão-chave da qualidade educacional e da transferência de conhecimento (Knight, 2021). No domínio da Engenharia de Minas, a participação em redes regionais, como o *Pan-African Mining Education Programme (PAEM)*, amplia o acesso a tecnologias emergentes e metodologias de ensino inovadoras.

Objetivo:

Fortalecer programas de mobilidade académica e cooperação científica com universidades e centros de pesquisa de referência mundial, estimulando o intercâmbio docente e discente.

Importância:

Essa estratégia promove a atualização permanente dos currículos, favorece a publicação científica internacional e posiciona Angola como um polo emergente de formação mineira sustentável em África.

Síntese Analítica

O quadro a seguir (quadro 3) resume os eixos, justificações e benefícios esperados de cada estratégia.

Quadro 3.

Estratégias Integradas para o Fortalecimento da Formação, Segurança e Sustentabilidade na Engenharia de Minas.

Eixo Estratégico	Justificação Científica	Objetivo Específico	Importância e Impacto Esperado
Integração Universidade–Indústria	Desalinhamento entre ensino e prática mineira	Reformar o currículo com base em competências e parcerias	Empregabilidade, inovação e produtividade
Centros de Excelência	Necessidade de inovação e pesquisa aplicada	Criar polos de P&D e formação avançada	Produção científica e tecnológica nacional
Desenvolvimento Contínuo (CPD)	Exigência global de atualização técnica	Implementar sistema nacional de certificação profissional	Redução de riscos e melhoria da segurança
ESG e Sustentabilidade	Tendência global de mineração responsável	Integrar ESG, ética e segurança ao currículo	Reputação internacional e sustentabilidade
Internacionalização	Necessidade de inserção científica global	Estimular intercâmbios e redes regionais	Transferência tecnológica e visibilidade internacional

5. CONCLUSÕES.

O presente estudo teve como objetivo analisar os principais desafios e oportunidades relacionados à formação e ao desenvolvimento de competências na Engenharia de Minas em Angola, considerando sua integração com as dimensões de segurança, sustentabilidade e inovação tecnológica.

A revisão teórica evidenciou que a formação profissional e o desenvolvimento contínuo são fatores determinantes para a competitividade e a sustentabilidade do setor mineiro. O alinhamento entre instituições de ensino

superior e a indústria constitui um eixo central para reduzir as lacunas existentes entre o conhecimento acadêmico e as exigências práticas do mercado.

Verificou-se ainda que o fortalecimento das competências técnicas, digitais e socioambientais dos engenheiros de minas é essencial para enfrentar os desafios contemporâneos impostos pelas políticas ESG e pela transição para uma mineração mais responsável e eficiente. E as estratégias propostas neste estudo configuram caminhos viáveis para elevar a qualidade profissional e promover o desenvolvimento sustentável do setor mineiro angolano.

Em síntese, conclui-se que a consolidação de um sistema integrado de formação e desenvolvimento profissional, sustentado por parcerias entre universidades, empresas e o Estado, é fundamental para fortalecer o capital humano e garantir a competitividade e a sustentabilidade da mineração em Angola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

African Mining Online. (2023, 19 de setembro). *Safety training must keep up with changing technologies*.
<https://www.africanmining.co.za/2023/09/19/safety-training-must-keep-up-with-changing-technologies/>

African Union Development Agency (AUDA-NEPAD). (2023). *Pan-African Mining Education Programme (PAEM)*.
<https://www.nepad.org/publication/pan-african-mining-education-programme-paem>

Agência Nacional de Recursos Minerais (ANRM). (2025). *Programa de Desenvolvimento e Modernização da Actividade Geológico-Mineira (PDS 2023–2027)*. Ministério dos Recursos Minerais.
<https://anrm.gov.ao/wp-content/uploads/2025/08/VF-PDS-Recursos-Minerais-2023-2027.pdf>

Baluku, M. M., Matagi, L., & Namatovu, R. (2022). *Employability and work readiness of engineering graduates in Sub-Saharan Africa*. *International Journal of Engineering Education*, 38(4), 987–999.
<https://www.ijee.ie/contents/c380422.html>

- Brandt, C. (2025, 11 de abril). *PRISMA launches skills training at Angola's largest diamond mine*. Mining Review Africa. <https://www.miningreview.com/health-and-safety/prisma-launches-skills-training-at-angolas-largest-diamond-mine/>
- Chiavenato, I. (2020). *Gestão de pessoas: O novo papel dos recursos humanos nas organizações* (5ª ed.). Rio de Janeiro: Elsevier. <https://www.elsevier.com/books/gestao-de-pessoas/chiavenato/9788535286963>
- Costa, A., Silva, J., & Fernandes, M. (2023). *Mining 4.0 and the future of competencies in the extractive industries*. *Resources Policy*, 85, 104048. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104048>
- Dong, L., Zhao, Y., & Chen, W. (2022). Mining Safety and Sustainability An Overview. *Sustainability*, 14(11), 6570. <https://doi.org/10.3390/su14116570>
- Engineering Council of South Africa. (2023). *Continuing Professional Development (CPD) Policy*. Johannesburg: ECSA. https://www.ecsa.co.za/register/Regulation_Documents/Continuing_Professional_Development_Policy.pdf
- Engineering Council. (2024). *Guidance on Continuing Professional Development (CPD)*. <https://www.engc.org.uk/cpd-guidance>
- Estado News. (2025, 22 de abril). *Huambo acolhe fórum sobre investimento no sector dos recursos minerais, petróleo e gás*. Estado News. <https://estadonews.net/2025/04/22/huambo-acolhe-forum-sobre-investimento-no-sector/>
- Fernandes, R., Santos, C., & Alves, R. (2023). *University–industry collaboration for sustainable engineering education*. *Journal of Cleaner Production*, 398, 136541. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136541>
- Hager, P. (2021). *Theories of workplace learning and competence development*. *Journal of Workplace Learning*, 33(2), 141–155. <https://doi.org/10.1108/JWL-12-2019-0150>

- Haryono, S., Budhijanto, M., & Setyawan, D. (2022). *Integrating ESG principles into mining education and professional development*. *Sustainability*, 14(23), 15922. <https://doi.org/10.3390/su142315922>
- Holdsworth, S., Hayes, J., Sandri, O. *et al.* (2022). Developing professional expertise for safety: a learning design framework.. *Cognition, Technology & Work*, 24(3), 459-472. <https://doi.org/10.1007/s10111-022-00702-6>
- International Labour Organization (ILO). (2014). *Building a preventative safety and health culture in the mining sector*. <https://www.ilo.org/media/423581/download>
- International Labour Organization (ILO). (2023). *Global report on safety and health in mining*. <https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--en/index.htm>
- Knight, J. (2021). *Internationalization of higher education: Challenges and opportunities*. *International Journal of Educational Development*, 87, 102493. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2021.102493>
- Marques, D., & Rodrigues, A. (2023). *Aprendizagem organizacional e desenvolvimento humano: uma análise contemporânea*. *Revista de Administração Contemporânea*, 27(1), 112–129. <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac202321034>
- McHenry, R., & Krishnan, S. (2022). A conceptual professional practice framework for embedding employability skills development in engineering education programmes. *European Journal of Engineering Education*, 47(6), 1296-1314. <https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2164255>
- Mesuwini, L., Thaba-Nkadimene, K., Mzindle, M., & Mokoena, M. (2023). Work-integrated learning experiences of South African technical TVET lecturers: reflections on safety protocols and workplace culture. *International Journal of Work-Integrated Learning*, 24(1), 83-97. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1379048.pdf>
- Mining Education Australia (MEA). (2023). *Industry Engagement Report*. <https://miningeducationaustralia.org/>

- Ministério dos Recursos Minerais, Petróleo e Gás [MIREMPET]. (2024, 12 de setembro). *MIREMPET realiza seminário de capacitação sobre o Catálogo de Profissões do Sector dos Recursos Minerais, Petróleo e Gás no Bengo*. <https://mirempet.gov.ao/web/noticias/mirempet-realiza-seminario-de-capacitacao-no-bengo>
- Ministério dos Recursos Minerais, Petróleo e Gás [MIREMPET]. (2025, março). *Conferência Internacional de Mineração de Angola (AIMC 2025): Sustentabilidade e industrialização mineira*. <https://mirempet.gov.ao/web/noticias/aimc-2025-conferencia-internacional-de-mineracao-de-angola>
- Moshood, O; Khadija, O. S; Amtenge, P. S. (2023). Process Safety and Environmental Protection. *ScienceDirect*. Vol.175, 251-258 p. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.05.052>
- Mulder, M. (Ed.). (2017). *Competence-based vocational and professional education: Bridging the worlds of work and education* (Technical and Vocational Education and Training: Issues, Concerns and Prospects, Vol. 23). Cham, Suíça: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-41713-4>
- Ngonda, T., Nkhoma, R., & Falayi, T. (2024). Work-integrated learning placement in engineering education: a comparative contextual analysis of public universities in Malawi, Namibia and South Africa. *Higher Education, Skills and Work-Based Learning*, 14(1), 41-54. <https://doi.org/10.1108/HESWBL-02-2023-0040>
- OECD. (2022). *Green skills and innovation in extractive industries*. <https://www.oecd.org/environment/green-skills-in-mining.htm>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2024). *Africa's Development Dynamics 2024: Skills for mining in Central Africa* (capítulo/relatório). OECD Publishing. https://www.oecd-ilibrary.org/development/africa-s-development-dynamics-2024_8065c30d-en?crawler=true&mimetype=application%2Fpdf

- Responsible Mining Foundation. (2023). *Mine Site ESG Performance Report 2023*. <https://responsibleminingfoundation.org/report/mine-site-esg-performance-2023>
- Silva, L., & Oliveira, T. (2021). *Gestão do conhecimento e formação profissional em tempos de transformação digital*. *Revista de Ciências Sociais e Humanas*, 59(3), 221–239. <https://doi.org/10.11606/issn.2318-8809.v59i3p221-239>
- Sociedade Mineira de Catoca. (2024). *Relatório de Sustentabilidade 2023–2024: Inovação e Desenvolvimento de Competências*. Sociedade Mineira de Catoca. <https://www.catoca.com/relatorio-sustentabilidade-2024>
- Sociedade Mineira de Catoca. (2024, 4 de setembro). *Novo ciclo formativo capacita mais de 600 jovens das comunidades da Lunda Sul*. Catoca — Notícias. <https://www.catoca.com/novo-ciclo-formativo-capacita-mais-de-600-jovens-das-comunidades-da-lunda-sul/>
- UNESCO. (2023). *Africa's Centres of Excellence in Technical and Vocational Education and Training (TVET)*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386373>
- World Bank. (s.d.). *Occupational health and safety guidelines (Environment & social framework / guidelines)*. The World Bank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documentsreports/documentdetail/308631492969180329/>
- World Economic Forum (WEF). (2025). *Securing minerals for the energy transition: Finance for transition minerals* (relatório). World Economic Forum. https://reports.weforum.org/docs/WEF_Securing_Minerals_for_the_Energy_Transition_2025.pdf
- World Economic Forum. (2022). *Upskilling for Shared Prosperity: The Role of Innovation in Workforce Transformation*. <https://www.weforum.org/reports/upskilling-for-shared-prosperity/>

Young, K., McKenzie, S., & Thomas, J. (2024). A Work-Integrated Learning Framework: the what, where and how of evaluating WIL. *Journal of Teaching and Learning for Graduate Employability*, 15(1), 393-408.
<https://doi.org/10.21153/jtlge2024vol15no1art1986>