



# Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA

## Impacto das tecnologias em explorações mineiras a céu aberto: uma contribuição

Miguel Nuno Branco Pereira da Costa



2017

(página propositadamente em branco)

**Instituto Superior de Engenharia do Porto**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA

**Impacto das tecnologias em explorações mineiras a céu aberto:  
uma contribuição**

**Miguel Nuno Branco Pereira da Costa**

*Nº 1050315*

*Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Geotécnica e Geoambiente**, realizada sob a orientação do Doutor António Agostinho Martins Mendonça, Professor Adjunto convidado do Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP.*

(página propositadamente em branco)

## **Júri**

### **Presidente**

Doutor Helder Gil Iglésias de Oliveira Chaminé

*Professor Coordenador com Agregação, Departamento de Engenharia Geotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto*

Doutor António Agostinho Martins Mendonça

*Professor Adjunto Convidado, Departamento de Engenharia Geotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto*

Mestre Paulo Manuel da Costa Fernandes Dinis

*EPIROC Portugal, Lisboa*

---

*A tese de mestrado em engenharia geotécnica e geoambiente (MEGG) foi apresentada e defendida em prova pública, pelo Licenciado **Miguel Pereira da Costa**, no Auditório de Geotecnia do Departamento de Engenharia Geotécnica (ISEP) em 20 de Novembro de 2017 mediante o júri nomeado, em que foi atribuída, por unanimidade, a classificação final de **15 (quinze) valores**, cuja fundamentação se encontra em acta. Todas as correções pontuais determinadas pelo júri, e só essas, foram efectuadas.*

---



(página propositadamente em branco)

## **Agradecimentos**

São devidos agradecimentos pela presente dissertação aos membros constituintes da minha vida profissional, académica e pessoal, com especial contributo de forma direta e indireta para a realização deste trabalho, a saber:

- ✓ Professor Doutor Agostinho Mendonça (ISEP): Orientador da presente dissertação, o meu profundo agradecimento pela supervisão, interesse e disponibilidade mostrada para a sua realização.
- ✓ Joana Leite: Por me motivar, sendo impulsionadora deste projeto, caminhando sempre a meu lado e encorajando-me sempre a fazer melhor; sempre com interesse e apoio.
- ✓ SGSV – Silvério Guilherme Santos Valente, Lda, pela possibilidade de realização deste trabalho e pela formação concedida ao longo do meu percurso profissional.
- ✓ Queria expressar o meu agradecimento a todos os professores do Mestrado em Engenharia Geotécnica e Geoambiente do ISEP pelos conhecimentos que me transmitiram e que foram importantes no desenrolar deste trabalho.
- ✓ Não poderia deixar de agradecer à minha família por todo o apoio, pela força e pelo carinho que sempre me prestaram ao longo de toda a minha vida académica, bem como, à elaboração da presente tese a qual sem o seu apoio teria sido impossível.

(página propositadamente em branco)

**Palavras-chave**

Retorno do investimento, ROI, avaliação, sistema de informação, automação, manutenção industrial.

**Resumo**

Este trabalho pretende abordar a importância e benefícios das tecnologias no âmbito de atividades mineiras a céu aberto. No desenvolvimento deste documento foram identificados casos reais de aplicações de tecnologias de informação e automatismos em equipamentos mineiros, e a seus pontos fortes e fraquezas, permitindo desenvolver uma estrutura para avaliar o retorno do investimento com a implementação de novas tecnologias. O principal contributo deste estudo é apresentar um modelo que permite calcular o retorno sobre o investimento (ROI) após a implementação de uma tecnologia, com o objetivo de auxiliar uma tomada de decisão, permitindo um maior controle orçamental, aumentando a confiança dos gerentes e dos investidores em novas tecnologias. Esta pesquisa permitiu expor uma contribuição com dados reais, identificando os fatores chave na avaliação e os seus benefícios, mensuráveis e não mensuráveis decorrentes do investimento de um software de gestão de equipamentos, utilizando os registos da empresa da empresa SGSV – Silvério Guilherme Santos Valente, Lda. Com os resultados obtidos no modelo de cálculo, para o caso real da frota de equipamentos da SGSV, permitiu concluir que uma boa gestão de manutenção permite melhorar a operabilidade dos equipamentos. O documento destina-se a pesquisadores em sistemas de informação, soluções tecnológicas e gestão de equipamentos.

(página propositadamente em branco)

**Keywords**

Return on investment, ROI, evaluation, information technology, automation, industrial maintenance.

**Abstract**

This work intends to discuss the importance and benefits of the technologies in open pit mining activities. In the development of this document were identified real cases of applications of information technologies and automation in mining equipment, and their strengths and weaknesses, allowing develop a structure to evaluating the return on investment with the implementation of new technologies. The main contribution of this study is to provide a model that allows the calculation of the return on investment (ROI) after the implementation of a technology, with the objective of assisting decision making, allowing greater budgetary control, increasing the confidence of managers and investors in new technologies. This research allowed to expose a contribution with real data, identifying the key factors in the evaluation and its benefits, measurable and non measurable resulting from the investment in management software, using the database of the company SGSV - Silvério Guilherme Santos Valente, Lda . With the results obtained in the calculation model, for the real case of the equipment fleet of the SGSV, allowed to conclude that a good management of maintenance allows an improving of the equipment operability. The document is intended for researchers in information systems, technological solutions and equipment management.

(página propositadamente em branco)

---

## Índice

<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Enquadramento</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Objetivos</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Explorações mineiras</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. Introdução</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2. Principais operações de uma mina a céu aberto</b> .....	<b>5</b>
<b>2.3. Equipamentos de desmonte mecânico</b> .....	<b>6</b>
2.3.1. Máquinas escavadoras estacionárias .....	7
2.3.2. Equipamentos de carga e transporte .....	15
<b>3. Tecnologias nas atividades mineiras</b> .....	<b>18</b>
<b>3.1. Introdução</b> .....	<b>18</b>
<b>3.2. Porque investir nas novas tecnologias na mineração</b> .....	<b>21</b>
<b>3.3. Automação na mineração</b> .....	<b>21</b>
<b>3.4. Problemas na implementação da automação na mineração</b> .....	<b>24</b>
<b>3.5. Impactos da automação de mineração no emprego</b> .....	<b>25</b>
<b>4. Benefícios e Custos das Tecnologias em Explorações Mineiras</b> .....	<b>30</b>
<b>4.1. Introdução</b> .....	<b>30</b>
<b>4.2. Enquadramento económico</b> .....	<b>30</b>
<b>4.3. Benefícios diretos e custos</b> .....	<b>31</b>
<b>4.4. Os benefícios para saúde e segurança</b> .....	<b>31</b>
<b>4.5. Benefícios de eficiência</b> .....	<b>33</b>
<b>4.6. Benefícios na redução dos impactos ambientais</b> .....	<b>35</b>
<b>4.7. Benefícios nos custos de exploração</b> .....	<b>35</b>
<b>5. Aplicações práticas de sistemas automatizados em minas a céu aberto</b> .....	<b>37</b>
<b>5.1. Introdução</b> .....	<b>37</b>
<b>5.2. Camiões sem operador</b> .....	<b>37</b>
<b>5.3. Rock de perfuração autónomo</b> .....	<b>39</b>
<b>5.4. Efeitos na economia australiana</b> .....	<b>39</b>
5.4.1. Os efeitos diretos e indiretos do setor de recursos na economia australiana .....	40
5.4.2. Benefícios específicos.....	41
5.4.3. Implicações para os benefícios e custos da automação .....	42
<b>6. Proposta de quantificação dos benefícios económicos das novas tecnologias</b> .....	<b>43</b>

---

<b>6.1.</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>43</b>
<b>6.2.</b>	<b>Manutenção.....</b>	<b>43</b>
6.2.1.	História .....	44
6.2.2.	A importância de uma estratégia de manutenção .....	46
<b>6.3.</b>	<b>Retorno Sobre o Investimento (ROI).....</b>	<b>46</b>
6.3.1.	ROI - Automação Industrial .....	49
6.3.2.	Indicadores-Chave de Desempenho (KPI) .....	51
<b>6.4.</b>	<b>Retorno sobre Investimento em Tecnologia da Informação (ROITI) .....</b>	<b>52</b>
<b>6.5.</b>	<b>Parâmetros do Modelo.....</b>	<b>53</b>
6.5.1.	Parâmetros Mensuráveis.....	55
6.5.2.	Benefícios parcialmente mensuráveis .....	56
6.5.3.	Benefícios não mensuráveis.....	57
<b>7.</b>	<b>Aplicação do modelo proposto a um caso concreto.....</b>	<b>58</b>
<b>7.1.</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>58</b>
<b>7.2.</b>	<b>SGSV, Lda .....</b>	<b>58</b>
<b>7.3.</b>	<b>Atlas Copco XRVS 476.....</b>	<b>58</b>
7.3.1.	Características técnicas .....	59
7.3.2.	Manutenção preventiva .....	60
<b>7.4.</b>	<b>Modelo de cálculo desenvolvido .....</b>	<b>61</b>
7.4.1.	Generalidades.....	61
7.4.2.	Investimento .....	62
7.4.3.	Kpi's .....	66
7.4.4.	Intervalo de tempo.....	67
7.4.5.	Retorno Obtido.....	68
7.4.6.	ROI.....	69
<b>7.5.</b>	<b>Simulações .....</b>	<b>69</b>
7.5.1.	Simulação 1 .....	70
7.5.2.	Simulação 2 .....	73
<b>7.6.</b>	<b>Considerações finais.....</b>	<b>78</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusões e desenvolvimentos futuros .....</b>	<b>80</b>
<b>9.</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>81</b>
<b>10.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>86</b>

---

## Índice de figuras

FIGURA 1 – CICLO NORMAL DAS OPERAÇÕES .....	6
FIGURA 2 – ESCAVADORA BALDE ÚNICO FRONTAL (FONTE: WWW.CAT.COM) .....	7
FIGURA 3 – DRAGLINE (FONTE: WWW.CAT.COM) .....	8
FIGURA 4 – ESCAVADORA GIRATÓRIA (FONTE: WWW.CAT.COM) .....	9
FIGURA 5 – CHAIN DIGGER (FONTE: WWW.VERMEER.COM) .....	10
FIGURA 6 – BUCKET WHEEL EXCAVATOR (FONTE: WWW.MINING.SANDVIK.COM) .....	11
FIGURA 7 – BULLDOZER (FONTE: WWW.CAT.COM) .....	11
FIGURA 8 – RIPPER (FONTE: WWW.CAT.COM) .....	12
FIGURA 9 – TRADO (FONTE: WWW.SOILMEC.COM) .....	13
FIGURA 10 – SCRAPER 1814DC JOHN DEERE (FONTE: WWW.DEERE.COM) .....	14
FIGURA 11 – MOTOSCRAPER (FONTE: WWW.CATERPILLAR.COM) .....	14
FIGURA 12 –PÁ CARREGADORA CAT 926M (FONTE: WWW.CAT.COM) .....	15
FIGURA 13 – DUMPER CAT 797F (FONTE: WWW.CAT.COM) .....	16
FIGURA 14 – COMBOIO DE TRANSPORTE DE MINÉRIO (FONTE: WWW.RIOTINTO.COM) .....	16
FIGURA 15 – TELA TRANSPORTADORA (FONTE: WWW.MINING-TECHNOLOGY.COM) .....	17
FIGURA 16 – FORNECIMENTO ESTIMADO MUNDIAL ANUAL DE ROBÔS INDUSTRIAIS (ADAPTADO INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS, 2015) .....	19
FIGURA 17 – CENTRO DE OPERAÇÕES DA RIO TINTO EM PERTH (FONTE: MOGENS JOHANSEN, "THE WEST AUSTRALIAN") .....	23
FIGURA 18 – EXÉRCITO FUNCIONÁRIOS ROBOT (FONTE: LINDSEY COOK, 2016. "THIS CHART TELLS YOU WHEN THE ROBOTS WILL COME FOR YOUR JOB") .....	27
FIGURA 19 – PROBABILIDADE DOS POSTOS TRABALHOS SOFREREM INFORMATIZAÇÃO (ADAPTADO AUSTRALIA'S FUTURE WORKFORCE, 2015) .....	28
FIGURA 20 – DISTRIBUIÇÃO DA PROBABILIDADE DE INFORMATIZAÇÃO POR CATEGORIAS DE TRABALHO (FONTE: AUSTRALIA'S FUTURE WORKFORCE?, 2015) .....	28
FIGURA 21 – CAMIÃO EQUIPADO COM O SISTEMA AHS (FONTE: WWW.RIOTINTO.COM) .....	37
FIGURA 22 – COMPARAÇÃO DA UTILIZAÇÃO EFETIVA DOS CAMIÕES DE TRANSPORTE (ADAPTADO AUSTRALIA'S FUTURE WORKFORCE, 2015) .....	38
FIGURA 23 – ROCK'S DE PERFURAÇÃO EQUIPADOS COM O SISTEMA ADS (FONTE: WWW.RIOTINTO.COM) .....	39
FIGURA 24 – DISTRIBUIÇÃO DO VALOR DE EXPORTAÇÃO DO MINÉRIO (ADAPADO DE CONNOLLY AND ORSMOND (RBA), 2011) .....	40
FIGURA 25 – COMPRESSOR ATLAS COPCO XRVS476 (FONTE: CATALOGUE ATLAS COPCO PORTABLE COMPRESSORS) .....	59
FIGURA 26 – CARACTERÍSTICAS COMPRESSOR ATLAS COPCO XRVS476 (FONTE: CATALOGUE ATLAS COPCO PORTABLE COMPRESSORS) .....	59
FIGURA 27 – AMBIENTE TRABALHO DO <i>BACKOFFICE</i> (FONTE: FERALBYTE SOFTWARE ARCHITECTS) .....	64
FIGURA 28 – AMBIENTE TRABALHO DA APLICAÇÃO ANDROID (FONTE: FERALBYTE SOFTWARE ARCHITECTS) .....	65
FIGURA 29 – AMBIENTE TRABALHO DA FUNÇÃO DE GEOLOCALIZAÇÃO (FONTE: FERALBYTE SOFTWARE ARCHITECTS) .....	65
FIGURA 30 – VALORES DO ROI PARA A SIMULAÇÃO 1 .....	72
FIGURA 31 – VALORES DO ROI PARA A SIMULAÇÃO 2 .....	77

---

(página propositadamente em branco)

---

## Índice de tabelas

TABELA 1 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS EXPLORAÇÕES A CÉU ABERTO.....	5
TABELA 2 – PRODUTIVIDADE INTERNA E EXTERNA .....	48
TABELA 3 – PRODUTIVIDADE INTERNA .....	48
TABELA 4 – PRODUTIVIDADE DO CAPITAL INVESTIDO .....	49
TABELA 5 – GRAU DE MENSURABILIDADE .....	54
TABELA 6 – BENEFÍCIOS NÃO MENSURÁVEIS .....	57
TABELA 7 – PLANO DE ADAPTADO PARA COMPRESSOR XRSV 476 (FONTE: INSTRUCTION MANUAL FOR PORTABLE COMPRESSORS XRV5 476 Cd - ENGINE CAT C13 TIER 3) .....	60
TABELA 8 – CUSTOS DA MANUTENÇÃO ADAPTADO XRV5 476 (FONTE: SGSV).....	61
TABELA 9 – LISTAGEM DAS AVARIAS MAIS FREQUENTES (FONTE: SGSV) .....	62
TABELA 10 – RESUMO DOS CUSTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE .....	66
TABELA 11 – VALORES EM EURO PARA CADA KPI .....	67
TABELA 12 – NÚMERO DE REPETIÇÕES VERIFICADAS ANTES E DEPOIS A IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE .....	68
TABELA 13 – INTERVALO DE TEMPO DA ANÁLISE .....	68
TABELA 14 – MODELO DE CÁLCULO DO RETORNO DE CÁLCULO .....	68
TABELA 15 – RETORNO FINANCEIRO .....	69
TABELA 16 – MODELO DE CÁLCULO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO .....	69
TABELA 17 – DADOS DA SIMULAÇÃO 1.....	70
TABELA 18 – REGISTO DOS KPI’S ANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE .....	70
TABELA 19 – REGISTO DOS VALORES DOS KPI’S DEPOIS DA IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE.....	71
TABELA 20 – MÉDIA DOS KPI’S (SIMULAÇÃO 1) .....	71
TABELA 21 – RETORNO DO INVESTIMENTO NO ANO 5 PARA 5 EQUIPAMENTOS.....	73
TABELA 22 – REGISTO DE MANUTENÇÕES CURATIVAS DOS COMPRESSORES DA FROTA DE ALUGUER DA SGSV .....	74
TABELA 23 – REGISTO DOS QUILOMETROS PERCORRIDOS PELOS VEÍCULOS DE ASSISTÊNCIA .....	75
TABELA 24 – DADOS DA SIMULAÇÃO 2.....	76
TABELA 25 – MÉDIA DOS KPI’S (SIMULAÇÃO 2) .....	77

## Índice de Anexos

- I. Software de cálculo do ROI
- II. Simulações Caso 1
- III. Simulações Caso 2
- IV. Dados Caso 1
- V. Dados Caso 2

---

**Lista de abreviaturas**

ACV – *Autonomous Control Vehicle*

ADS – *Autonomous Drilling System*

AHS – *Autonomous Haulage systems*

BWE – *Bucket Wheel Excavator*

DEG – Departamento de Engenharia Geotécnica

ERP – *Enterprise Resource Planning*

GPS – Sistema de Posicionamento Global

GSM - Sistema Global para Comunicações Móveis

IGM – Instituto Geológico e Mineiro

KPI – *Key Performance Indicator*

LHD – *Load-Haul-Dump Machine*

RCM – Manutenção Centrada na Confiabilidade

ROI – *Return on Investment*

TPM – Manutenção Produtiva Total

---

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento

A presente tese denominada “Impacto das tecnologias em explorações mineiras a seu aberto: uma contribuição” e insere-se na Unidade Curricular “Dissertação/Estágio/Projeto” (no presente caso é formato de Dissertação) do 2º ano do curso de Mestrado em Engenharia Geotécnica e Geoambiente do Departamento de Engenharia Geotécnica (DEG) do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

Ao longo da última década, as empresas mineiras foram desafiadas a realizar investimentos e alterar as suas políticas, devido aumento da procura global e o difícil acesso dos minerais devido à sua localização assim como por questões sociais e ambientais. O crescente desenvolvimento das tecnologias surge como uma ferramenta que pode ser usada para maximizar a produção, reduzir custos assim como criam ambientes de trabalho mais seguros. Tecnologias como a automação de equipamentos em minas a céu aberto permite retirar os trabalhadores de ambientes potencialmente potenciais.

Dentro de um ambiente industrial cada vez mais integrado por sistemas de informação e novas tecnologias, as empresas procuram estabelecer um melhor desempenho operacional das suas atividades. Para tal, definir objetivos e avaliar a performance das mais diversas atividades, passou a fazer parte do dia a dia de todos os departamentos das organizações. No setor industrial moderno a avaliação é uma importante e essencial tarefa executada pelas empresas, para auxiliar na tomada de decisão quanto aos rumos da organização. Para o desenvolvimento deste projeto foram estudadas áreas como a automação mineira, a gestão de equipamentos e a sua manutenção assim como de retorno financeiro, com o objetivo de compreender a importância da otimização dos processos.

## 1.2. Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo geral apresentar um modelo que possibilite quantificar a rentabilidade dos investimentos de uma organização. Um dos métodos mais populares de avaliação utilizado para justificar a viabilidade económica de investimentos é o ROI (ROI - return on investment), esta métrica de avaliação pode ser aplicada a todos os tipos de investimentos. No caso específico da implementação de um software de controlo de equipamentos, não é diferente,

---

pois como qualquer outro investimento, deve ser considerada quais os benefícios da sua implementação.

O contributo deste estudo foi aplicar esse método a um caso real de uma implementação de um software de gestão de equipamentos com geolocalização.

---

## 2. Explorações mineiras

### 2.1. Introdução

A exploração mineira é a atividade que se desenvolve após terem sido efetuadas pesquisas e prospeções num determinado local, consiste na extração do minério bruto, do solo ou subsolo, englobando todos os trabalhos inerentes ao seu tratamento e transformação. Segundo o Instituto Geológico e Mineiro (IGM) as explorações mineiras podem ser divididas em quatro categorias:

- A céu aberto;
- Subterrânea;
- A partir de perfurações;
- Hidráulica.

A exploração a céu aberto abrange todos os trabalhos de extração de material executado em contacto com o ar livre.

A exploração subterrânea consiste nos trabalhos de escavação realizados para a exploração do minério que não estão em contacto com o ar livre, encontrando-se rodeadas pelos terrenos do subsolo.

A exploração por perfuração é utilizada quando não existe necessidade de efetuar escavação subterrânea, a extração do minério pode ser executada da superfície com o recurso a perfurações.

A exploração hidráulica inclui a exploração subterrânea e a céu aberto, nesta situação recorre-se à força hidráulica, normalmente da água, para efetuar o desmonte das frentes de trabalho.

Segundo o IGM, para um funcionamento eficaz de uma exploração é importante ter em consideração os seguintes fatores:

- Segurança;
- Economia;
- Bom aproveitamento do jazigo;
- Proteção ambiental.

Segurança é o conceito mais importante a ser considerado numa exploração para que os trabalhadores possam efetuar todas as tarefas de forma segura.

---

A variável económica é importante, uma vez que a exploração só deverá ser executada se os custos de extração, assim como os de tratamento do minério forem menores do que o seu valor comercial atual e suas variações. Neste fator podemos também incluir a otimização e evolução da tecnologia de modo a adquirir melhores resultados.

O bom aproveitamento do jazigo reflete as boas práticas de uma exploração para um bom aproveitamento mineiro.

Finalmente, a proteção ambiental representa uma das maiores preocupações da humanidade. O modo como são utilizados os recursos naturais é um fator determinante para um desenvolvimento sustentável, sendo necessário que a sociedade tenha consciência de que os recursos naturais apenas estarão disponíveis, para esta e para as futuras gerações, se forem utilizados de modo racional, respeitando os tempos necessários à sua geração e reposição.

O LNEG considera seis regras determinantes para uma exploração:

- Equilíbrio entre os princípios fundamentais;
- Boa aplicação do método de exploração;
- Economia global;
- Minimização de custo de operações diferentes;
- Aperfeiçoamento permanente;
- Aproveitamento racional das condições naturais.

Uma boa aplicação do método de exploração implica que seja considerado seguro, que tenha um bom rendimento económico, com bom aproveitamento dos recursos dos jazigos e que minimize os impactos na envolvente ambiental.

A economia global é um fator importante, a redução dos custos numa determinada operação poderá afetar negativamente as operações subsequentes. Assim é essencial considerar o custo total do produto e não de apenas uma parte.

A melhoria contínua é fundamental, assim como a promoção de projetos e atividades que tenham como objetivo o cumprimento dos objetivos definidos.

O aproveitamento racional das condições naturais é um fator preponderante que poderá dar origem a vantagens económicas, se for aplicado um bom método de exploração

A exploração a céu aberto é normalmente efetuada até ao esgotamento do minério ou rocha, ou quando a relação entre volume de minério contido e o volume explorado faça com que a exploração já não seja rentável.

Este tipo de mina é utilizado quando são identificados depósitos de rochas ou minerais, economicamente rentáveis, a uma profundidade relativamente reduzida.

---

No entanto, existem alguns fatores que podem determinar a escolha de uma exploração a céu aberto ou subterrânea.

- As características mineralógicas e mecânicas do minério e da rocha estéril;
- Valor comercial do minério;
- A profundidade prevista da exploração;
- A topográfica do terreno, o valor do terreno.

Os custos de exploração a céu aberto são menores que uma exploração subterrânea onde é possível conseguir grandes produções diárias, principalmente pela facilidade de utilização de grandes equipamentos.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens das explorações a céu aberto

Vantagens	Desvantagens
Diversidade de equipamentos utilizáveis	Restrições de área exploração: Cidades; Mar; Lagos; Rios; Reservas ambientais; Terrenos valorizados; etc.
Melhor iluminação	Interferências climatéricas
Facilidade de supervisionamento dos trabalhos	Poluição
Menores problemas com a ventilação	Alteração da paisagem natural
Melhor higiene	

## 2.2. Principais operações de uma mina a céu aberto

Para otimizar a produção recorre-se a operações cíclicas, umas mais fundamentais e complexas que outras. As operações fundamentais de uma mina a céu aberto são geralmente semelhantes às das minas subterrâneas, sendo que existem algumas situações operações desnecessárias como é o caso do sustimento do teto. As minas de céu aberto distinguem-se também pela maior segurança das operações, assim como pela maior área de implantação, facilitando as manobras, e não limitação nas dimensões dos equipamentos permitindo rentabilidades mais elevadas e conseqüentemente menores custos de exploração.

---

O domínio dos terrenos para as minas de céu aberto é um fator fundamental, resume-se ao estabelecimento de ângulos convenientes ou, em certos casos, ancoragens simples com redes metálicas ou ao revestimento das paredes para conferir a estabilidade dos taludes.

As operações de carga e transporte, contrariamente ao que acontece nas explorações subterrâneas, podem ser efetuadas por equipamentos mais potentes e de maior dimensão.

A ventilação e a iluminação são naturais, havendo apenas necessidade de alguma iluminação artificial durante o trabalho noturno, sendo que atualmente todas as máquinas possuem, por imposição normativa, iluminação própria.

No que diz respeito ao esgoto, quando se atingem níveis freáticos ou em locais de elevada pluviosidade, estes fatores influenciam a estabilidade dos taludes e degradação do piso de trabalho comprometendo assim a eficiência dos equipamentos. Para evitar que as águas atinjam as zonas de trabalho é necessário efetuar a bombagem para proteger essas áreas.

A remoção do estéril de cobertura é uma operação que deve ser encarada com relativa importância com o objetivo de minimizar os seus impactos ambientais. Caso a espessura seja elevada a sua remoção poderá ter um custo acrescido.

O diagrama do ciclo normal das operações fundamentais poderá ser visualizado na figura 1.

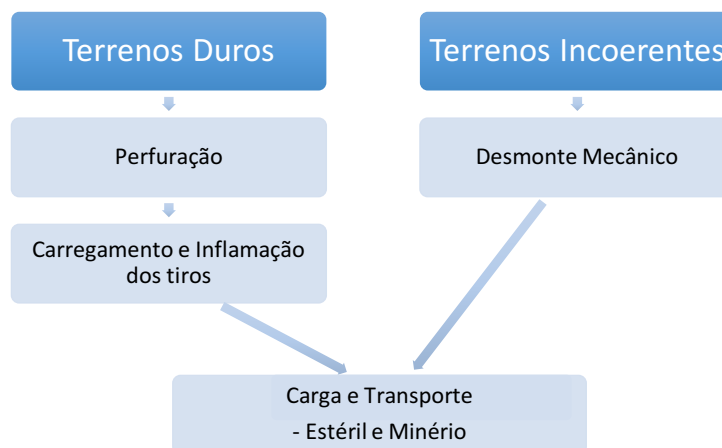


Figura 1 – Ciclo normal das operações

### 2.3. Equipamentos de desmorte mecânico

Nas civilizações antigas foram efetuadas grandes obras que ainda hoje são admiradas, como a exploração Romana de Tresminas. Segundo Alarcão (1988), “tais desmontes só podem ter sido feitos por grandes grupos de operários, cuja contratação e vigilância ultrapassava a capacidade

---

administrativa e financeira de um particular ou de pequena sociedade empresarial (...) e parecem ter exigido uma média de 2000 trabalhadores trabalhando diariamente durante 200 anos”.

Na atualidade o recurso a processos manuais é cada vez mais reduzido, pois o Homem sentiu necessidade de eliminar os trabalhos mais penosos assim como de reduzir os prazos de execução das obras. Na década de 20 a 30, um inovador, R.G. Le Tourneau, criou o primeiro “Scraper” rebocado por um trator e em 1938 o primeiro “Motoscrafer”, ou seja, autopropulsionado. A partir desta data, assistiu-se a um rápido desenvolvimento dos equipamentos o que resultou em equipamentos cada vez mais eficientes e seguros melhorando as condições de trabalho e a produtividade.

### **2.3.1. Máquinas escavadoras estacionárias**

As escavadoras são consideradas máquinas estacionárias embora tenham a capacidade de se mover autonomamente, mas praticamente não participam no ciclo de transporte. São utilizadas para efetuar trabalhos de arranque e ou carga no caso de rochas brandas e carga de material previamente desmontado pela ação de explosivos.

#### **2.3.1.1. Máquinas escavadoras de balde único frontal**

A constituição destas máquinas é do conhecimento geral, a sua infraestrutura inclui uma base que apoia num sistema de locomoção sobre o qual se apoia a superestrutura móvel em torno de um eixo vertical. O mecanismo permite a rotação de 360º.



Figura 2 – Escavadora balde único frontal (fonte: [www.cat.com](http://www.cat.com))

---

Na figura 2 pode se observar a lança sustentada por um cabo, o qual permite, aproximadamente, variar o seu ângulo de inclinação entre os 35 e o 65°. Na parte intermédia da lança encontra-se o braço móvel que pode rodar em torno da articulação, executando nesse movimento, de baixo para cima, o desmonte através do balde.

A seleção das dimensões e características da máquina depende da adaptação ao trabalho a realizar e das condições exigidas.

É evidente que o critério final de seleção vai, como sempre, ser o de mais baixo custo unitário de produção, e sem dúvida que quanto maiores forem estas máquinas menores os custos unitários de trabalho poderão ser obtidos.

As grandes unidades apresentam também alguns inconvenientes os quais devem ser analisados na seleção do equipamento: menor mobilidade, custos ou taxas de amortização mais elevadas e tempos de paralisação e custos de manutenção que geralmente são consideravelmente superiores que nas pequenas unidades.

#### 2.3.1.2. Máquinas escavadoras de balde único de arrasto ou “dragline”

Conforme pode observar-se na figura 3, as escavadoras deste tipo são constituídas por um balde que se desloca, por meio de cabos, de um lado para o outro, “raspando” as frentes em exploração carregando assim o balde com o minério e estéril, que são transportados e descarregados sobre veículos, silos ou em locais destinados à sua deposição (constituindo geralmente escombreliras).



Figura 3 – Dragline (fonte: [www.cat.com](http://www.cat.com))

---

### 2.3.1.3. Escavadora giratória

A escavadora giratória, figura 4, possui uma lança com uma pá mecânica semelhante ao da pá mecânica, com o posicionamento do balde voltado para baixo.



Figura 4 – Escavadora Giratória (fonte: [www.cat.com](http://www.cat.com))

As escavadoras são máquinas concebidas para executarem essencialmente trabalhos e escavação. Com efeito, o seu raio de alcance é limitado e o balde de pequena capacidade, o que lhe confere boas características de penetração, pois os dentes dos seus baldes podem exercer grandes pressões sobre os terrenos.

A semelhança das pás mecânicas, o comando por cabos está a ser posto de lado e a ser substituído por comandos hidráulicos, que permitem obter ciclos operacionais mais rápidos e sobretudo grandes precisões no trabalho.

### 2.3.1.4. Chain diggers

A primeira aplicação destas máquinas data de cerca do ano 1800, apesar de apenas em 1859 existem registos da primeira unidade, usada por Alphonse Couvreux, pouco depois foram patenteadas várias unidades deste tipo afetando já uma forma muito semelhante às atualmente utilizadas e estas sempre à procura de aperfeiçoamentos tendentes à ampliação de aplicabilidades.



Figura 5 – Chain digger (fonte: [www.vermeer.com](http://www.vermeer.com))

Os baldes desagregam o terreno rochoso por uma ação de arranque e raspagem, enchendo-os, os quais serão descarregos num veículo transportador (normalmente numa tela transportadora ou, por vezes em vagões ou camiões).

Pelo facto de se tratar de máquinas de grande porte as suas dimensões não são normalizadas, cada máquina constitui um protótipo projetado por encomenda para um determinado projeto.

Estas escavadoras são utilizadas em terrenos incoerentes e brandos que não necessitam de prévia desagregação por explosivos.

Pela relação entre custos e produção destas unidades e para sua pequena mobilidade, terão tendência a ser substituídos pela escavadora de roda de baldes (BWE).

#### 2.3.1.5. Escavadoras de roda de baldes ou “Bucket Wheel Excavator (BWE)”

Este tipo de máquinas apenas sofreu grande aplicação a partir do ano 1913 na Alemanha. A primeira escavadora, apresentando já as mesmas características que as modernas deste tipo, foi contruída em 1916 e aplicada na extração de carvão. Na conceção desta máquina combinava-se o princípio da operação contínua da escavadora de cadeia com a grande flexibilidade das escavadoras de balde único.

As primeiras máquinas não tiveram grande sucesso económico e foram consideradas meras curiosidades mecânicas, tendo sido abandonadas, mais pelas dificuldades técnicas surgidas do que propriamente pelos princípios adotados. Como as necessidades de carvão tivessem aumentado na Alemanha de então, isso originou que, a partir de 1934, notáveis melhorias lhe fossem introduzidas. Em 1937 entrou em funcionamento uma máquina pesando 1.400 toneladas e com uma capacidade de 1070 m<sup>3</sup>/h. Já em 1945, cerca de 100 unidades deste tipo, pesando 1.000 toneladas, trabalhavam nas minas de carvão da Alemanha.

---

Estas escavadoras são constituídas por uma torre central e dois braços opostos, assumindo estruturas de grandes dimensões. Num desses braços encontra-se instalado um transportador que recebe o minério e o estéril extraído por raspagem contínua dos terrenos efetuadas por uma série de baldes montados numa roda posicionada no extremo desse braço ou lança que possui movimento no plano horizontal e vertical, podendo essa lança ser telescópica ou não.



Figura 6 – Bucket wheel excavator (fonte: [www.mining.sandvik.com](http://www.mining.sandvik.com))

#### 2.3.1.6. “Bulldozers”

O trator de lagartas ou de pneus constitui a máquina básica que desempenha diversas operações conforme o tipo de acessório ou ferramenta, geralmente com a forma de uma lâmina que lhe é aplicada.

No “bulldozer” a lâmina é aplicada e sustentada por dois braços laterais fixados na estrutura e possuem um movimento no sentido vertical que lhe é conferido por dois braços hidráulicos.



Figura 7 – Bulldozer (fonte: [www.cat.com](http://www.cat.com))

---

Este tipo de máquinas tem uma ampla aplicação, tanto na construção civil como na exploração mineira, quer na subterrânea quer na a céu aberto. Distingue-se pelas suas numerosas aplicações: trabalhos prévios de preparação do jazigo; remoção de terrenos de cobertura e sua posterior reconversão; construção e manutenção de escombreyras, diques barragens e muitos outros trabalhos auxiliares, etc.

#### 2.3.1.7. Escarificadores, “rippers”, trados e “continuous diggers”

##### **Escarificadores ou “rippers”**

O desmonte por escarificação consiste em desagregar por meio de uma ferramenta em forma de pico, dente ou gancho, solidamente fixada na estrutura traseiras dos tratores das pás mecânicas ou dos “bulldozers”. Quando o terreno permite esse tipo de desmonte fica em condições de ser carregado logo após a passagem do escarificador. O porta-dentes dos escarificadores são comandados por cilindros hidráulicos que permitem a sua subida e descida.

Em alguma literatura estabelece-se uma certa distinção entre o “ripper” constituído por um só dente ou pico e o escarificador constituído por uma série de dentes múltiplos.

O número de dentes vai depender da dimensão do trator ou equipamento onde ele esta aplicado, da penetração pretendida e das características mecânicas dos terrenos e da própria fragmentação desejada.



Figura 8 – Ripper (fonte: [www.cat.com](http://www.cat.com))

O interesse e a vantagem do desmonte por escarificação baseia-se no facto de ser possível efetuar uma desagregação mecânica da superfície dos terrenos permitindo escavá-los ou desmontá-los sem o uso de explosivos ou porque não é possível fazê-lo com as pás mecânicas,

---

“scrapers”, ou “bulldozers”. No entanto não é de aplicação geral, a sua utilização tem um campo próprio de aplicação que depende de diversos fatores, como: a dureza, a homogeneidade e a compactidade dos terrenos, e a potência e peso dos tratores e a resistência dos dentes escarificadores.

### **Trados**

A versão mais simples destes trados é constituída por uma série de hastes com a forma de parafusos helicoidais terminando por uma cabeça de perfuração, promovendo o desmonte e o simultâneo transporte contínuo do carvão ou de outro minério brando.



Figura 9 – Trado (fonte: [www.soilmec.com](http://www.soilmec.com))

Como se referiu, a maior parte das aplicações dizem respeito à exploração de carvão em que os métodos “cut and fill” a céu aberto e os subterrâneos não eram nem económica nem tecnicamente viáveis. E até há bem pouco tempo estes métodos eram somente aplicados em zonas montanhosas e nos afloramentos em flanco de encosta. A profundidade dos furos então praticada não excedia os 50m, mas atualmente pretendem atingir-se alcances de perfuração até 150 ou 180m.

Com este método apenas cerca 10% da área explorada necessitaria de remoção do estéril de cobertura e recomposição. Este facto torna este método muito atraente sob ambos os pontos de vista: proteção ambiental e económica. Com efeito, não só permite a exploração de jazigos situados em áreas sensíveis, como também ao baixar os custos permite aumentos consideráveis das relações estéril/minério e a exploração de jazigos mais profundos.

A tendência atual para generalizar a aplicação destes métodos a jazigos de outras substâncias com características semelhantes aos carvões poderá ser de muito interesse para o aproveitamento de algumas riquezas minerais do nosso país consideradas perdidas por diversas razões.

---

### “Scrapers” e “motoscrapers”

São máquinas com uma aplicação mais frequente nas explorações subterrâneas que nas de céu aberto. Embora sejam considerados equipamentos de transporte lento, adequado apenas para pequenas distancias, também podem executar operações de extração, mas somente quando se trate de terrenos incoerentes devido ao fraco poder de penetração do balde de transporte. A principal diferença entre um scraper um um motoscraper é o veio de tração, onde no caso do scraper está dependente de um veículo de tração, por exemplo um trator, enquanto o motoscraper é um equipamento autónomo não necessita de veículo de tração para se deslocar.



Figura 10 – Scraper 1814DC John Deere (fonte: [www.deere.com](http://www.deere.com))



Figura 11 – Motoscraper (fonte: [www.caterpillar.com](http://www.caterpillar.com))

São máquinas simples, de custo baixo de aquisição e de manutenção relativamente baixos. O desgaste destas máquinas confina-se quase exclusivamente aos cabos e ao balde ou colher.

Estes equipamentos são conhecidos, no nosso país, várias utilizações destes equipamentos: em minas subterrâneas, á superfície e como alimentadores de máquinas de britagem.

---

## 2.3.2. Equipamentos de carga e transporte

### 2.3.2.1. Pás carregadoras

As pás carregadoras são equipamentos concebidos para realizar operações de carga e transportes de muito curta distancia, sendo que existem alguns modelos com retroescavadora e “rippers” incorporados na parte posterior podendo assim efetuar também trabalhos de escavação.



Figura 12 –Pá carregadora Cat 926M (fonte: [www.cat.com](http://www.cat.com))

### 2.3.2.2. Gruas

Nas explorações mineiras a céu aberto estes equipamentos são habitualmente utilizados na extração de blocos de grandes dimensões, como é o caso das rochas ornamentais, não sendo eficazes para efetuar o transporte de rocha fragmentada.

A capacidade de elevação das gruas deve ser determinada considerando as dimensões e peso dos maiores blocos que se pretende extrair na mina.

---

### 2.3.2.3. “Dumpers” e caminhões

Estes equipamentos representam os meios de transporte mais frequentes nas explorações a céu aberto. São máquinas que devem ser utilizadas para médias e grandes distâncias de transporte visto que atingem velocidades relativamente elevada, o que permite alcançar boas capacidades produtivas com baixos custos.



Figura 13 – Dumper Cat 797F (fonte: [www.cat.com](http://www.cat.com))

### 2.3.2.4. Caminhos de ferro

Este é o meio de transporte mais conhecido, comum tanto nas explorações subterrâneas como a céu aberto. Atualmente, os caminhos de ferro apenas têm um campo de aplicação muito restrito nas explorações a céu aberto e em situações em que existem elevadas reservas que exigem grandes produções diárias, de minério e estéril assim com distâncias superiores a 5 km.



Figura 14 – Comboio de transporte de minério (fonte: [www.riotinto.com](http://www.riotinto.com))

---

#### 2.3.2.5. Telas transportadoras

As telas transportadoras constituem um dos sistemas mais económicos quando existem elevadas produções, normalmente são utilizados em conjunto com escavadoras e geralmente em terrenos brandos ou incoerentes que não contenham materiais de grandes dimensões que possam danificar a composição das telas. Nas explorações de terrenos compactos e duros, e que existam grandes produções, os materiais de maior calibre efetuando uma redução de calibre dos mesmos, associando britadores as telas transportadoras reduzindo assim para um calibre que irá diminuir o desgaste do material que compõem a tela.



Figura 15 – Tela transportadora (fonte: [www.mining-technology.com](http://www.mining-technology.com))

---

## 3. Tecnologias nas atividades mineiras

### 3.1. Introdução

“Survival of the fittest”, a sobrevivência do mais apto, é uma frase que se originou da teoria da evolução darwiniana como uma maneira de descrever o mecanismo da seleção natural. Mais tarde Herbert Spencer usou pela primeira vez a frase em 1864, onde traçou paralelos entre as suas ideias de economia com as teorias de Charles Darwin sobre evolução.

A evolução é inevitável, num mundo cada vez mais competitivo para as empresas do setor mineiro, assim como devido às pressões impostas devido aos elevados impactos socio-ambientais causados pelas explorações. Estes fatores impulsionam as empresas a direcionar as suas políticas para uma procura constante de melhores desempenhos, maior segurança e redução dos impactos no meio ambiente.

Nesta nova revolução industrial tecnológica, o uso inteligente da tecnologia irá manter as empresas em vantagem competitiva. É importante reconhecer que a finalidade das novas tecnologias nos diversos processos de uma mina é para adicionar melhorias incrementais, mas se não tiver uma gestão forte e qualificada para implementar corretamente os processos, não vai adicionar valor nenhum a uma operação.

Segundo Sérgio Minas Melconian (Mestre em Automação e Controle de Processos) “a automação de processos não é e nem será a única solução para a melhoria de processos, assim como poderá não ser a solução”. No entanto o investimento em automação acarreta elados custos, a sua implementação deverá ser alvo de estudos e análises, uma vez que uma implementação indevida ou mal planeada, poderá levar a empresa a grandes perdas ou até mesmo á sua falência.

O desenvolvimento de todos os setores da indústria é uma realidade, que se reflete na necessidade de automatizar os seus processos. A procura de robôs industriais por todos os setores tem crescido nos últimos anos, apesar de continuar a ser dominado pelo sector da indústria automóvel, sendo responsável por aproximadamente 40 por cento da procura total de robôs industriais. O segundo maior mercado é o mercado de produção de equipamentos eletrónicos compreendendo computadores e acessórios, rádio, televisão, dispositivos de comunicação, dispositivos médicos e de precisão e fabrico de instrumentação ótica. Em 2014, as vendas de robôs aumentaram 29%, para 229.261 unidades, o maior nível já registrado num ano. Entre 2010 e 2014, o número de instalações robotizadas subiu para cerca de 171.000 unidades. Isto representa um aumento de cerca de 48% e um sinal claro do aumento significativo na

---

procura por robôs industriais em todo o mundo (International Federation of Robotics, industrial robot statistics 2015).

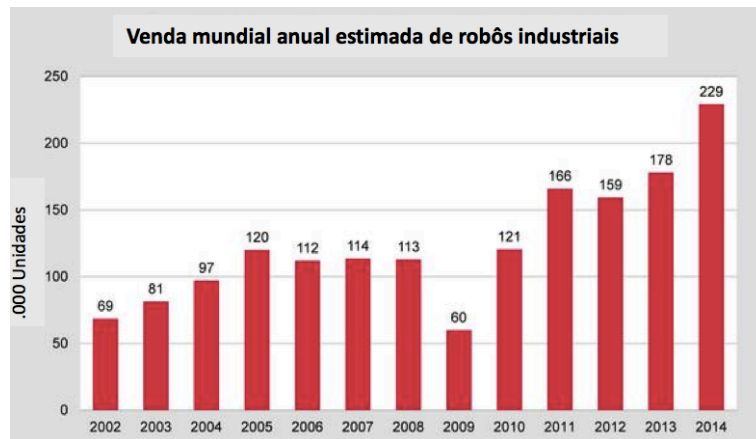


Figura 16 – Fornecimento estimado mundial anual de robôs industriais (adaptado International Federation of Robotics, 2015)

No domínio da exploração mineira, a automação e o recurso a novas tecnologias pode ser agrupada em três grandes categorias com base no controle do sistema (Horberry T, Burgess-Limerick R, Steiner L. Human factors for the design, operation, and maintenance of mining equipment. New York: CRC Press 2010.):

- Automação de nível mais baixo que inclui sistemas de alerta, tais como sistemas de detecção de proximidade e tecnologias que sinalizam a manutenção do equipamento. Nesta categoria, o operador está em pleno controle do sistema em todos os momentos e a tecnologia fornece um aviso ou assistência;
- Automação de nível médio, que pode envolver a remoção de controle do operador em determinados momentos, mas não outros, ou ter o controle por parte do operador do equipamento a partir de um local próximo. Exemplos incluem o uso do equipamento durante as operações de rotina, onde o operador é um monitor passivo, mas sujeito a intervenção humana se for considerada necessária; e tecnologias de detecção de colisão que param automaticamente o equipamento quando uma colisão é detetada como iminente. Nesta categoria, o operador está no controle dos equipamentos na maioria das vezes, mas certas funções são controladas automaticamente pelo sistema e supervisionados pelo operador.
- Automação completa que envolve o operador estar localizado remotamente a partir do equipamento e usando uma tela de computador, joysticks e outros controles e displays.

---

Alguns dos principais motivos determinantes para o desenvolvimento da automação (tanto em geral, como para a indústria mineira mineralis) são:

- Geralmente automação é pensada para um desempenho mais eficiente, fiável e preciso do que um operador humano. Além disso, existe a expectativa de que o sistema de controlo automatizado pode desempenhar uma função a um custo mais reduzido do que um operador humano. Essa suposição nem sempre se aplica, pois em situações em que ocorrem eventos anormais os operadores humanos são necessários, como durante a manutenção / avaria ou quando não é possível automatizar todas as funções e o operador terá que efetuar um designer sistema não pode automatizar todas as partes dos sistemas e o operador terá que realizar tarefas para preencher essas lacunas.
- Um sistema automatizado deverá ser mais seguro, no entanto, existe a possibilidade de falhas do sistema que pode originar lesões, problemas no manuseamento materiais tóxicos ou inflamáveis, resultando em danos significativos para o ambiente. Numa fase inicial as empresas de mineiras tinham o seu foco na produtividade e utilização, atualmente a segurança tem vindo a ser considerada, como um dos fatores de maior relevância.
- A economia de tempo e a eficiência são fatores preponderantes, a automação pode diminuir a duração de tarefas anteriormente realizadas por seres humanos, e acelerar a operação, aumentar as taxas de produção, com a possibilidade de encaminhar uma operação para uma mudança mais ou mesmo de produção contínua e reduzir a ineficiência do sistema. A automação de tarefas liberta o operador permitindo assim tempo e oportunidade para o planeamento a medio e longo prazo ou de tomadas de decisão.

Outras razões que promovem a automatização das tarefas é reduzir os custos das infraestruturas, remover os operadores de situações perigosas, custos de produção mais baixos, maior precisão nos movimentos (como no caso das perfurações dos furos de carregamento, menor impacto ambiental, capacidade de extrair minério de áreas anteriormente inacessíveis, mais dados e informações disponíveis e reduzida lotação dos equipamentos (embora, como discutido anteriormente, a automação não remove completamente o envolvimento humano).

No desenvolvimento de um sistema de automação é impossível prever todas as possibilidades de um ambiente complexo real e nesses casos é fulcral contar com o operador humano para exercer a sua experiência e bom senso na utilização de automação, para que a implementação seja bem

---

sucedida, requer uma planificação positiva e uma abordagem iterativa para processos da máquina e do sistema para retirar o máximo de benefícios das tecnologias.

### **3.2. Porque investir nas novas tecnologias na mineração**

Segundo Michael Gollschewski, diretor administrativo da empresa Rio Tinto responsável pelas minas de Pilbara “a mudança é inevitável e o uso inteligente da tecnologia a requalificação irá manter e aumentar a vantagem competitiva sobre os concorrentes” (citado: Australia’s future workforce, 2015). Quando é tomada a decisão de investir em novas tecnologias, o objetivo é proporcionar verdadeiras melhorias em matéria de segurança, confiabilidade e eficiência.

Um importante benefício da automação numa mina é que os funcionários são removidos de potenciais riscos operacionais. Tecnologias como camiões, perfuradores ou comboios autónomos reduzem consideravelmente a exposição dos funcionários aos perigos e riscos associados à operação de equipamentos pesados, tais como fadiga (nomeadamente em turnos noturnos), entorses, contusões e outras lesões.

A automação não só melhora os custos operacionais como também a produtividade da mina. Os veículos automatizados, sem operador, são capazes de realizar ciclos mais longos que os com operador. As necessidades Humanas para pausas de descanso, mudanças de turno podem ocorrer sem interromper a operação dos equipamentos.

### **3.3. Automação na mineração**

Automação é definida como a gestão inteligente de um sistema utilizando a tecnologia adequada, de modo que sua operação pode ocorrer sem o envolvimento humano direto (Sheridan T. Humans and Automation. New York: John Wiley 2002).

A indústria de mineira tem evoluído a partir de um trabalho intensivo, onde até meados do século 20 grande parte do processo de produção era manual, para uma produção altamente mecanizada.

A automação pode ser genericamente definida como uma gestão inteligente de um sistema utilizando a tecnologia adequada, de modo que sua operação pode ocorrer sem o envolvimento humano direto (Lynas, 2011, citado: Extractive Metallurgy of Rare Earths, Second Edition, 2016). As tecnologias remotas ou de tele-operação tais como LHDs que permitem o controlo do equipamento remotamente são cada vez mais utilizados em minas subterrâneas, e em ambientes perigosos. Esta tecnologia remove o operador das áreas de risco, mas também tem a capacidade

---

de aumentar a produtividade dos equipamentos, movimentam-se mais rápido e abrangem distâncias mais longas, e requerem menos operadores.

O desenvolvimento de novas tecnologias no sector mineiro tem como finalidade encurtar distâncias, reduzir tempos de operação, minimizar as falhas, aumentar lucratividade assim como minimizar os impactos ambientais.

A exploração mineira hoje é impulsionada pela necessidade de encontrar e aceder a novos recursos para responder rapidamente à crescente procura, muitas vezes em ambientes mineiros complexos e difíceis. Estes desenvolvimentos têm como finalidade procurar melhorias incrementais em tecnologias existentes e processos destinados a melhorar gradualmente a eficiência das operações, até uma elevar para outro patamar os níveis de produtividade assim como o desenvolvimento com o foco na automação em grande escala da exploração mineira e outros processos.

A maior parte das inovações desenvolvidas ao longo do século passado eram dependentes da orientação de um operador humano, mas isso está a mudar rapidamente com o desenvolvimento de equipamentos de mineração operados remotamente e autonomamente. Hoje, a automação é amplamente vista como uma mudança significativa que deve ser alcançada pela indústria mineira, a fim de atender aos muitos e variados desafios atuais. Estas tecnologias representam uma ampla classe de inovações que envolvem uma mudança radical e são suscetíveis de mudar profundamente como os minerais são extraídos e processados no futuro.

Até agora, a maioria dos esforços de automação está concentrada no nível de componente ou subsistema, e numa escala relativamente pequena em relação à quantidade de minas, fábricas de processamento e instalações de exportação. As inovações na automação mineira incluem camiões automatizados de superfície, LHDs (Load-Haul-Dump) subterrâneos automatizados e equipamentos de perfuração autónomos. Em alguns casos, apenas foram desenvolvidos componentes automatizados.

Atualmente o foco mudou para a construção de sistemas autónomos que podem realizar tarefas automaticamente ou com um mínimo de controle externo (Lynas, 2011). A automatização total, permite que uma máquina controle todos os aspetos das suas funções, incluindo monitoramento e correção de erro.

A automação aumenta o nível de controle através da aplicação de regras mais rigorosas para os processos de tomada de decisão, e removendo a aleatoriedade inerente à tomada de decisão isolada. Trata-se da aplicação de um processo controlado à geologia da mina o qual é variável e está em constante mudança de topografia.

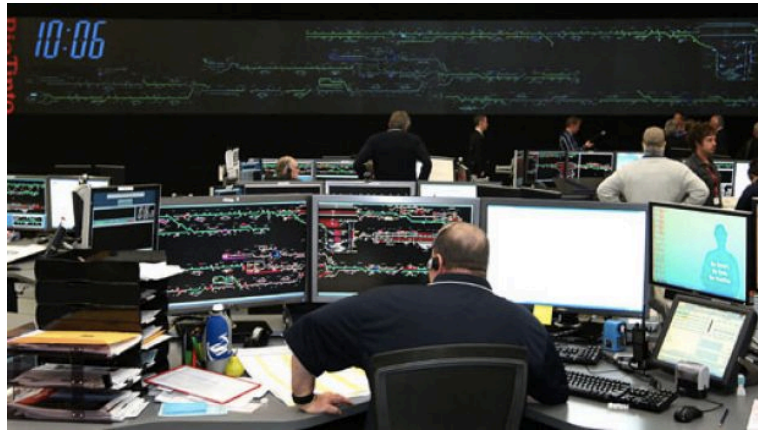


Figura 17 – Centro de operações da Rio Tinto em Perth (fonte: Mogens Johansen, "The West Australian")

O processo de introdução de novas tecnologias e inovações na mineração subterrânea e de superfície, bem como em processos associados para o tratamento da matéria-prima, como na moagem, separação e refino tem uma longa história. A indústria de mineração tem evoluído a partir de um trabalho intensivo para um altamente mecanizado (Peterson, 2001, Bellamy, 2011). A exploração mineira era em grande parte um processo de produção manual até meados do século 20.

Nas explorações a céu aberto, o aumento da capacidade das máquinas reduziu drasticamente o 'tempo de ciclo' necessário para o equipamento para realizar a sua tarefa, como com o uso de equipamentos como BWE em minas de carvão grandes a céu aberto.

Aumentos significativos na produtividade foram conseguidos com aumento das dimensões dos camiões passando de uma carga útil de 25 toneladas para cerca de 400 toneladas hoje (juntamente com o melhoramento da sua eficiência energética) e o uso de explosivos mais seguros e mais baratos (Giurco, 2009). A execução mais lenta das novas tecnologias nas exploradas em superfície pode refletir a complexidade dos ambientes a céu aberto e os obstáculos tecnológicos associados na implementação de automação eficaz (Bellamy, 2011). A inovação é mais difícil por diversos motivos, pelo facto de que muitos mais veículos e outros equipamentos e infraestruturas compartilham o mesmo espaço de trabalho, sendo que estes operam em velocidades diferentes, assim como no caso específico das explorações a céu aberto estão sujeitas às alterações das condições ambientais e climatéricas.

A pouco tempo atrás, o progresso da automação na indústria mineira estava fragmentado e focado em tecnologias para melhorar o sistema de equipamentos mineiros tripulados. Sistemas de perfurações automatizados estão disponíveis desde meados do ano 1980. LHDs automatizados estão agora disponíveis comercialmente. Camiões automatizados têm operado de forma confiável na mina de Finsch em África do Sul, nas minas de carvão de Longwall foi alcançada a automação

---

parcial de um sistema de um sistema relativamente repetitivo (contínuo), automatizando uma operação de uma máquina facilmente definida ou tarefa, enquanto o resto das operações permaneceu manual. Na Austrália, fornecedores de equipamentos, como a Komatsu começaram a desenvolver a tecnologia de automação superfície, tendo atualmente um sistema automatizado bastante desenvolvido.

#### **3.4. Problemas na implementação da automação na mineração**

A automação está marcada por muitos sucessos e fracassos igualmente notáveis, tem sido definida como um dispositivo ou sistema que desempenha uma função previamente realizada por um operador humano. A automação não significa simplesmente suplantando o trabalhador, permite novas atividades, cria novos papéis, e muda as atividades de maneiras inesperadas (Woods DD, Sheridan T. *Humans and automation*. New York: John Wiley 2002). Por outro lado, a automação muitas vezes resulta em surpresas em vários níveis e para automação para atingir o seu objetivo, a sua concepção deve antecipar essas alterações. Para que o sistema tenha sucesso é importante a contribuição de um operador humano no desenvolvimento do sistema.

Um sistema automatizado pode falhar por diversas razões. Além das falhas puramente técnicas, muitas vezes relacionadas com falhas na interação entre os operadores humanos e sistemas automatizados, a quantidade e qualidade de formação que os operadores receberam, e a sua capacidade física e mental de lidar com o sistema e suas alterações.

Quando a automação é introduzida para eliminar o erro humano, por vezes, resulta em novos erros e muitas vezes mais severos. A automação muitas vezes não consegue proporcionar benefícios esperados, pois não basta substituir o ser humano na realização de uma tarefa, mas altera o trabalho e introduz um novo conjunto de tarefas. Além disso, os sistemas automatizados muitas vezes não têm a flexibilidade de seres humanos necessária para lidar com situações imprevistas.

Na mineração, o progresso na automação começou durante a década de 1960.

Segundo Konyukh pode-se identificar três fases de automação. Os primeiros vagões ferroviários de mineração subterrânea não tripulados entraram em produção na mina "General Blumenthal" na Alemanha em 1967, e esta tecnologia sem tripulante foi implementada a meio da década de 1970 na Europa e nos Estados Unidos. Sistemas de perfuração automatizados estavam a ser desenvolvidos nos EUA nesse mesmo momento também. A segunda fase da automação, datada de meados do ano 1970, envolve a introdução do controle remoto nos equipamentos mineiros de extração subterrânea. Estas máquinas foram controladas por operadores da superfície com a

---

ajuda de duas câmaras. A terceira fase ocorreu em meados da década de 1990, quando iniciou a utilização do controlo remoto a distancia a partir da superfície de carga de equipamentos de carga. Além disso, os equipamentos e dispositivos do processo de pregagens ficou controlado remotamente, no entanto, estas máquinas ainda estavam completamente dependentes de um operador humano para operar. (Konyukh V. Robotics for Mining. Min Res Eng 2002).

### **3.5. Impactos da automação de mineração no emprego**

A decisão de implementar um processo autónomo numa operação mineira deve considerar uma variabilidade de mudanças e impactos que essa tecnologia terá sobre os funcionários e sobre a comunidade em geral. Internamente, a maior preocupação é o impacto no emprego e o número de funcionários contratados.

Os equipamentos automatizados anteriormente eram operados por pessoas e, portanto, abordar a alteração dos papéis e responsabilidades dos funcionários da empresa é de primordial importância (Mottola e Holmes, 2009).

O equipamento automatizado é ideal para substituir as tarefas repetitivas e perigosas, permitindo que os operadores assumam a responsabilidade por mais que uma máquina de cada vez, desenvolve a capacidade de executar multitarefas e possibilita criar ciclos de trabalho com maior confiabilidade e qualidade (Poole, 1999).

A automação também oferece novas oportunidades de emprego. Novas categorias de trabalho deverão ser desenvolvidas para gerir os sistemas de informação para interligar os sistemas de planeamento dos próprios equipamentos (Mullard, 2009).

As informações, por sua vez, devem ser transmitidas aos técnicos e autoridades responsáveis pela tomada de decisões (Poole (1999), Citado: Juliana Parreira (2013) An Interactive Simulation Model to Compare an Autonomous Haulage Truck System with a Manually-Operated System).

Uma empresa deve equilibrar as oportunidades e ameaças da automação e seu impacto sobre o emprego. O primeiro passo é através de uma comunicação clara e regular com as partes interessadas para indicar as razões para a aplicação da automação e o impacto esperado nas operações globais (Boutillier, 2008). A empresa deve estar aberta a feedback sobre as impressões, preocupações e ideias dos funcionários de todos os níveis da empresa.

Uma empresa pode monitorizar e medir o impacto da automação usando indicadores chave de desempenho (KPI - Key Performance Indicator) relacionados à produtividade dos funcionários, à qualidade do local de trabalho, às questões de segurança e à redução das exposições perigosas. Isso permite que as metas sejam definidas para melhorar as condições de trabalho dos

---

funcionários como resultado da automação. Os KPIs podem ser implementados tanto no nível operacional quanto no nível de gestão, a fim de avaliar se a automação está facilitando processos em toda a empresa (Parreira, 2010).

Uma maneira de gerir a transição dos colaboradores e da comunidade para um sistema automatizado é através da formação. Devem ser desenvolvidos programas de formação para fornecer as novas habilidades que os funcionários necessitarão para operar, monitorar e manter o equipamento automatizado. Se a automação está a ser usada para expandir uma operação, uma empresa também deve ter uma estratégia a longo prazo que contemple a gestão dos cargos em evolução que permitirão uma transição e um crescimento suave e bem-sucedidos (Parreira, 2010).

A substituição de funcionários ocorrerá em qualquer programa de automação, mas deve ser feita de uma forma que envolva questões de atrito ou rotatividade, e não a demissão do pessoal afetado. No início de uma nova mina, a implementação é um pouco mais fácil, enquanto que numa mina existente, há mais desafios relacionados com a perceção das pessoas as alterações sendo necessário proporcionar uma formação adequada (Meech, 2012).

A automação não deve ser vista como uma solução, as falhas ocorreram devido à limitada preparação dos funcionários e da comunidade. A própria natureza da automação representa uma mudança fundamental na forma como o processo mineiro em geral é conduzido. (Mottola e Holmes, 2009).

Em comunidades onde a automação está a ser implementada, muitas vezes há barreiras culturais e medos relacionados com a ideia de que um processo automatizado resultará na redução do emprego para a comunidade. O emprego é uma contribuição importante que uma empresa mineira cria para uma comunidade, e isso constitui uma parte importante da relação corporativa e comunitária, reputação e licenças para operar. Quando a automação entra no sistema, é necessária uma estratégia de longo prazo e um extenso programa de reestruturação. Enquanto a automação terá impacto sobre a força de trabalho, existem oportunidades para compensar essas mudanças através da formação e especialização de novas habilidades necessárias para a nova tecnologia (Mullard, 2009).

Automação é atualmente uma realidade cada vez mais presente na indústria de mineração. Uma pesquisa recente realizada pela “Mining IQ” revelou que 77% dos especialistas da área da exploração mineira consideram que a automação é atualmente de extrema importância, e 40% destes especialistas afirmam que *“automation is now more important than ever”*.

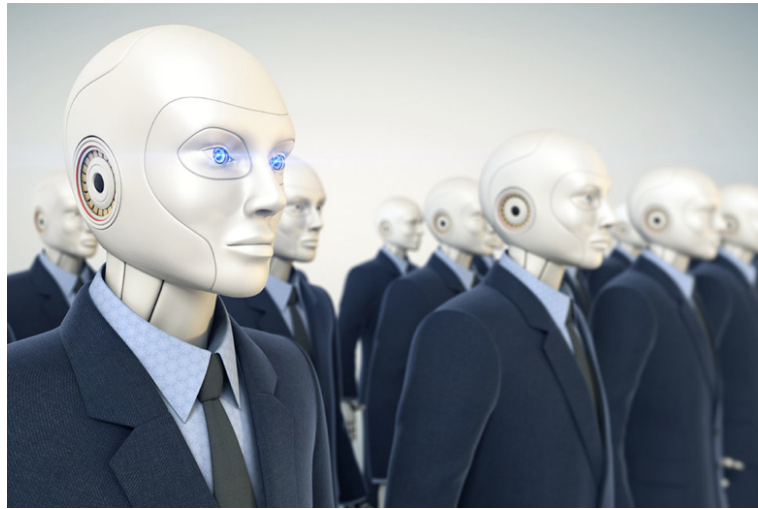


Figura 18 – Exército funcionários robot (fonte: Lindsey Cook, 2016. “This Chart Tells You When the Robots Will Come For Your Job”)

O tema da automação também desperta alguma controvérsia, enquanto as empresas mineiras estão a investir nas novas tecnologias de automação para aumentarem as suas eficiências operacionais e financeiras, os seus empregados temem que os seus postos de trabalhos se tornem obsoletos.

Os aumentos de eficiência são obtidos através de uma contínua monitorização das operações, melhoramento das comunicações e redução das infraestruturas. As empresas afirmam que a automação não significa a eliminação de postos de trabalhos, mas sim a criação de novos em áreas diferentes. O pessoal que está em postos que serão extintos podem ser deslocados para novas funções como a monitorização e o controlo dos processos automatizados. Por exemplo num sistema de camião sem operador são imprescindíveis os postos de coordenação para destacar um técnico para efetuar uma verificação e reiniciar manualmente o veículo em situações de falha ou avarias. Uma grande vantagem para os operários é o aumento da segurança, com deslocalização do pessoal dos ambientes perigosos, colocando-os em salas de controlo remoto onde podem operar os equipamentos em segurança.

Tecnologias emergentes estão a ameaçar a reformulação da economia em diferentes maneiras. Enquanto aumenta a potência computacional e a sua diminuição de preços são um incentivo a uma maior utilização de computadores. Esta mudança tecnológica das últimas duas décadas tem sido extremamente rápida, e que é suscetível de continuar, o mercado de trabalho será reformulado pelo âmbito e amplitude desta mudança tecnológica e se não “abraçarmos” esta reforma económica e forcarmos-nos no incentivo à inovação, vamos simplesmente ser deixados para trás num mercado global cada vez mais competitivo.

Uma segunda área de previsível grande de grande importância, será o incremento da automação nas tarefas administrativas rotineiras por computadores dotados de algoritmos de aprendizagem. Um estudo efetuado pelo economista Carl Frey e o engenheiro Michael Osborne, (investigadores da Universidade de Oxford) sobre o impacto da automação da indústria mineira na Austrália para os próximos 10 a 15 anos demonstra que 40% do emprego tem alta probabilidade de ser afetados.

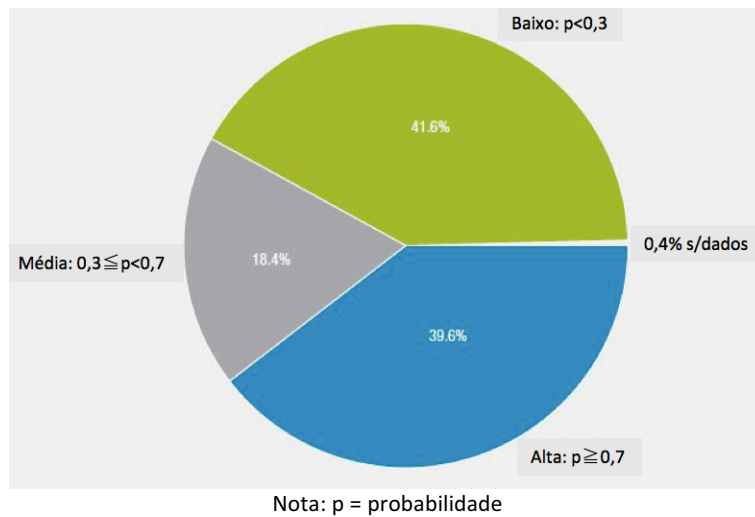


Figura 19 – Probabilidade dos postos trabalhos sofrerem informatização (adaptado Australia’s future workforce, 2015)

A figura 19 mostra as probabilidades estimadas da suscetibilidade dos postos de trabalho sofrerem informatização e automação na Austrália, segmentado ficticiamente alta, média e baixa setores de probabilidade. Notavelmente, 40 por cento dos trabalhos atuais têm uma probabilidade elevada (superior a 0,7) de ser informatizado ou automática nos próximos 10 a 15 anos.

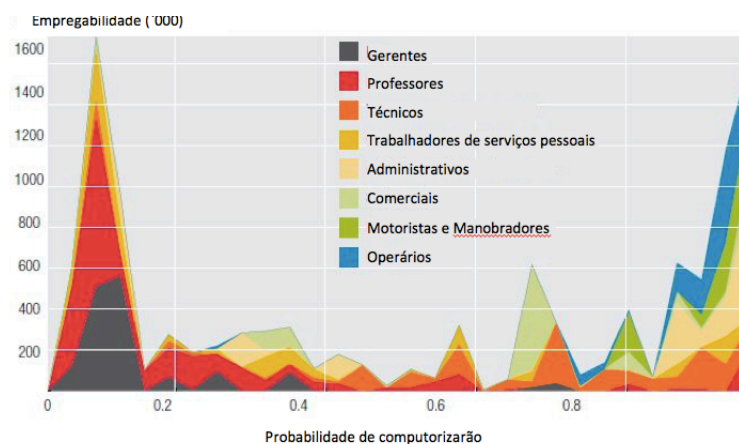


Figura 20 – Distribuição da probabilidade de informatização por categorias de trabalho (fonte: Australia’s future workforce?, 2015)

---

A figura 20 mostra a distribuição dos postos de trabalho em diferentes categorias de trabalho contra a probabilidade de essas mesmas categorias serem informatizadas. Empregos em administração e vendas (e muitas áreas de serviço) irão desaparecer, enquanto as técnicas e serviços pessoais permanecerão. Em segundo lugar, muitos desses trabalhos restantes são caracterizados por não rotineiros e com altos níveis de originalidade e criatividade.

---

## 4. Benefícios e Custos das Tecnologias em Explorações Mineiras

### 4.1. Introdução

Uma avaliação económica sobre as implicações das tecnologias da implementação de automatismos nas explorações mineiras deve considerar não apenas os custos e benefícios imediatos em termos de segurança e eficiência, como também os efeitos que essas inovações poderão provocar.

Em virtude da forte concorrência e de outros desafios que a indústria mineira enfrenta atualmente, a aplicação destas tecnologias é fundamental para apoiar de forma continua o crescimento do sector.

### 4.2. Enquadramento económico

Grande parte das empresas que contempla no seu plano orçamental investimentos que visam a automatização dos quadros operacionais, deverá efetuar uma avaliação interna para aferir se a despesas se justificam em termos comerciais.

A avaliação económica “custo-benefício” confere uma visão abrangente, preocupando-se não apenas com os benefícios privados como também com as implicações que a mudança poderá representar para a sociedade em geral. (Mishan, 1975).

A avaliação económica da implicação que poderá ter o recurso à automação e outras inovações torna-se, portanto, imprescindível para uma correta alocação dos recursos e esforços.

Esta avaliação consiste em comparar os custos e os benefícios que uma maior automatização poderá refletir na empresa. A decisão deverá ser tomada após o reconhecimento dos reais benefícios que o processo será capaz de trazer, acrescentando verdadeiro valor à sociedade quando comparado com o cenário atual.

A avaliação económica é, portanto, um instrumento fundamental que coloca em perspetiva os benefícios e custos adicionais que a implementação do projeto poderá implicar.

Em alguns casos, o custo-benefício poderá ser difícil de estimar. Exemplo disso são os custos e benefícios ambientais ou fatores menos tangíveis, de avaliação difícil, como é o caso da saúde. Existem ainda circunstâncias em que os preços de mercado não são um bom reflexo dos custos sociais e valores. Fatores como desemprego e salários baixos poderão causar incerteza sobre o futuro, introduzindo algumas complicações ao desenvolvimento do projeto.

---

Em suma, num projeto com potencial para proporcionar uma mudança radical na eficiência de um sector da economia, com impacto real e direto sobre o emprego e o comércio interno, é imprescindível o recurso a uma análise abrangente e cuidada.

#### **4.3. Benefícios diretos e custos**

Os principais benefícios de uma maior automatização são a melhoria significativa na saúde e segurança dos trabalhadores e numa maior otimização nos processos que permite que as mesmas ações sejam realizadas de forma eficaz com menos recursos.

Em muitos casos, a melhoria da eficácia, traduz-se numa menor necessidade de energia e consumíveis e menor desperdício, o que leva inevitavelmente a melhores resultados ambientais.

Poderiam ser apontados muitos outros benefícios, no entanto, são muito mais específicos e referem-se ao processo de inovação adotado e ao contexto em que foi aplicada a automação.

#### **4.4. Os benefícios para saúde e segurança**

O setor mineiro pode impor um substancial nível de risco acrescido no trabalho, não apenas em termos de lesões e possíveis acidentes mortais, mas também em termos de uma série de riscos mais amplos de saúde que são comuns num ambiente mineiro. Ao longo dos anos, a indústria mineira tem introduzido muitas inovações fundamentais que melhoraram a segurança do pessoal que trabalham em ambientes inerentemente perigosos, ambos acima e abaixo do solo. Tais melhorias têm resultado em processos e procedimentos mais rigorosos com o objetivo de eliminar as fontes comuns de acidentes, mas também novas invenções, como a do sistema de avisadores introduzido no início de 1990 para alertar sobre iminência de colapso do teto, e melhorias nas tecnologias de estabilização. Nos últimos anos, as tecnologias de apoio, tais como dispositivos de deteção de colisão automatizado foram introduzidas, tanto no subsolo e na mineração de superfície, para proteger os trabalhadores e os equipamentos.

A introdução de tecnologias de controlo remoto e autónomo, no entanto, representa um grande avanço em termos de seu potencial de reduzir significativamente os riscos para os seres humanos trabalharem em ambientes perigosos. A automação irá minimizar o número de operadores que precisam ser localizados no local ou na proximidade das operações. Isto aplica-se em nos diferentes tipos de minas:

- em minas subterrâneas onde equipamentos pesados são operados em locais confinados, e onde os riscos graves surgem de explosões e quedas de rochas;

- 
- em minas de superfície em que os operadores realizem atividades repetitivas e potencialmente perigosas, tais como a condução de caminhão e perfuração, explosivos, consideradas operações rotineiras, é onde os acidentes do tipo industriais são relativamente comuns.

Com a ausência de automação, estes riscos vão aumentar no futuro, com minas de maior área de implementação na superfície e no caso das subterrâneas cada vez mais profundas. A necessidade de aceder aos depósitos de minério em ambientes mais profundos e cada vez mais complexas aumenta os riscos de segurança.

Além das preocupações imediatas de saúde e segurança humana, outros fatores também são relevantes. As minas são fundamentalmente as zonas industriais empoeiradas e sujas, muitas vezes húmidas no caso das minas subterrâneas e, muitas vezes localizadas em áreas remotas e áreas de difícil acesso. Há ainda uma significativa escassez de trabalhadores qualificados, que se prevê tornar-se uma restrição cada vez maior no futuro.

Existe uma necessidade de atrair novos funcionários, incluindo mulheres, para um ambiente onde a mão de obra qualificada está em falta, portanto, reforçar ainda mais a tendência de automação, o que coloca os trabalhadores num ambiente seguro.

Há alguns desafios, no entanto, que terão de ser abordadas antes de todos os benefícios da automação para mão de obra possa ser alcançado. Uma maior automação exige mudanças nas qualificações, conhecimentos e habilidades exigidas dos mineiros modernos. Habilidades tradicionais estão a ser substituídas por qualificações mais técnicas imprescindíveis para operar novas tecnologias avançadas e entender os fluxos de processos integrados. Novas formas de conhecimento e habilidades exigem concentração e capacidade tátil, por exemplo, para dirigir um camião através de um monitor e um joystick, em vez de força física, habilidade manual ou o conhecimento operacional.

O facto de automatizar sistemas anteriormente controlados manualmente cria alguns riscos específicos resultantes de "fatores humanos". Estas questões têm sido bem estudadas na aviação, transporte e outras indústrias foram automação é comum (Parasuraman e Riley 1997). Eles incluem casos em que há um excesso de confiança na automatização, quando os erros de monitorização ocorrem, quando os sistemas de aviso são ignorados ou desligados, ou quando os complexos sistemas causam sobrecarga dos operadores. Desafios semelhantes devem também ser abordados no decorrer da introdução da automação na indústria mineira, por exemplo, no desenho de interfaces de equipamentos de fácil utilização e a integração de vários avisos e

---

alarmes, sem sobrecarregar o operador. Outros desafios surgem, pois a natureza dos postos de trabalho é diferente no controlo remoto e automatizado:

- O operador de um sistema automatizado pode perder a percepção da situação ao longo do tempo tornando-se desqualificado, e pode ser incapaz de tomar medidas corretivas adequadas em caso de mau funcionamento do equipamento ou eventos incomuns;
- Uma maior automação pode originar o tédio e descontração por parte dos operadores com o que então se torna uma tarefa vigilância e desqualificação, que por sua vez aumenta o risco;
- Alternativamente, sistemas automatizados podem sobrecarregar, confundir e distrair em vez de ajudar o operador;
- De modo mais geral, a pouca aceitação operador de novas tecnologias / automação pode ser um problema.

Estes problemas são bem reconhecidos, no entanto, e, tipicamente, são parte integrante do desenvolvimento de tecnologias automatizadas.

#### **4.5. Benefícios de eficiência**

A automação essencialmente consiste na substituição da força de trabalho por sistemas robotizados autónomos, semiautónomos ou de controlo remoto para alcançar o mesmo ou um melhor resultado produção. A automatização de instalações mineiras irá mover trabalhadores de mina para um ambiente mais seguro, mas que também irá reduzir o número de empregados em geral e os custos de trabalho como permite os operadores realizar várias tarefas ao mesmo tempo e a duração necessária para efetuar as mudanças de turno será reduzida. De um modo semelhante, a automação irá reduzir o custo de transporte com colaboradores assim como as instalações necessárias para o seu alojamento, fator que está diretamente relacionado com os impactos ambientais e sociais.

Com a implementação de novas tecnologias e automatismos podem ser alcançadas várias eficiências técnicas que surgem tanto ao nível do processo como ao nível do sistema mais amplo se os processos forem integrados. A natureza dessas eficiências diferem por tipo de inovação, podendo ser agrupadas em temas comuns:

- 
- Equipamentos que são controlados remotamente ou automatizados podem ter um melhor aproveitamento. O seu funcionamento geralmente não requer que trabalhador esteja num determinado local e sempre disponível. Em explorações subterrâneas, máquinas autónomas tem vantagens sobre as pilotadas manualmente pois podem operar em situações, como por exemplo, na sequência de explosões, onde normalmente há atrasos significativos pois os operários não podem aproximar-se da frente de desmonte.
  - Os equipamentos operam de maneira mais previsível, controlada e precisa. Isto permite eliminar as ineficiências, como por exemplo:
    - Desgaste desnecessário ou o consumo de combustível por parte dos equipamentos, como camiões e outros veículos automatizados, que operam em velocidades eficientes, ou para comboios automatizados;
    - A necessidade de repetir tarefas como furações dos furos de carregamento que não atendam às especificações;
    - Movimentos desnecessários para colocar equipamentos precisamente na posição correta, por exemplo, a operação manual dos carregadores;
    - Uma redução no uso de energia e materiais de consumo, porque os processos automatizados têm a capacidade de analisar e ajustar rapidamente a novos requisitos em tempo real.

Os equipamentos automatizados podem ter um melhor controlo da manutenção, reduzindo o risco de falha técnica. Com uma maior automatização, incluindo a utilização de sensores e de outros dados transmitidos remotamente, equipamento informa o seu utilizador, em algumas situações quando uma peça se aproxima da falha. Ferramentas de diagnóstico que são incorporadas em equipamentos automatizados permitem que as falhas sejam identificadas mais rapidamente, e também reduzir o seu tempo de inatividade. De um modo geral, a monitorização remota de equipamentos pode estender a vida útil dos equipamentos, e economizar o consumo de combustível, motivada, entre outros, pelo facto da pressão dos pneus ser mantida no nível certo.

Muitos destes ganhos de eficiência são claramente inter-relacionados, e muitas vezes há benéficas repercussões. Por exemplo, furos de carregamento precisamente perfurados em combinação com a otimização da utilização dos explosivos melhorar a eficiência de todas as atividades de processamento subsequentes.

---

A contrapartida da melhoria da eficiência ao nível do processo individual é a melhoria no nível do sistema. As empresas podem ter uma visão geral de suas operações com a ajuda de informação integrada em tempo real. A localização dos funcionários num centro de controle central é capaz de analisar e coordenar as operações em vários locais e em todos os pontos da cadeia de valor. As decisões podem ser feitas com base em dados em tempo real, por exemplo, sobre a geologia da mina. Como as capacidades de sensores e de análise de dados têm avançado, o planeamento de mina tornou-se consideravelmente mais sofisticados para que a exploração possa ocorrer de forma mais seletiva e com um menor impacto ambiental.

Estes benefícios devem ser avaliados não apenas a curto prazo, mas também no futuro no contexto de ambientes mineiros mais difíceis e complexos. Com maior automação, a exploração em áreas que de outra forma não seriam acessíveis pode ser desenvolvida. Novas tecnologias de processamento podem permitir que os resíduos minerais possam ser reprocessados, resultando em significativo ganho de energia e outras economias.

#### **4.6. Benefícios na redução dos impactos ambientais**

Muitos dos benefícios ambientais da automação já foram descritos acima. Geralmente, ocorrem porque os equipamentos são operados de um modo mais preciso e eficaz de modo a que menos consumo de energia e menos recursos são utilizados no processo. Os benefícios ambientais, portanto, surgem numa ampla variedade de aplicações. Sistemas de ventilação inteligentes podem adaptar os requisitos em função do número e localização de pessoas. Em alguns casos, toda a reestruturação e a aplicação dos novos procedimentos modernizados, pode reduzir o impacto ambiental de uma mina.

#### **4.7. Benefícios nos custos de exploração**

A inovação é um processo longo, complexo e oneroso que recorre a estudos e testes realizados em centros de pesquisa para vários estágios intermediários, até à implantação total e uso comercial das tecnologias. As taxas de falhas ao longo do caminho são muito elevadas. Os custos de financiamento de centros de pesquisa como os da Rio Tinto por si só, por exemplo, ascendem a várias dezenas de milhões de dólares. Protótipos caros de grandes máquinas complexas, tais como as perfurações subterrâneas da Rio Tinto devem ser concebidos, construídos, testados em ambiente apropriado, envolvendo um processo intensivo constituído por múltiplos parceiros e diferentes áreas de especialização.

---

A implementação de sistemas de controlo remoto e equipamentos autónomos em minas, sejam estas a céu aberto ou subterrâneas, é uma tarefa bastante complexa devido ao carácter único de cada operação da mina. Estes sistemas são altamente personalizados (Peterson, 2001). Os requisitos variam por tipo de mina, testes e investimentos em equipamentos como salas de controle, mas também devem ser realizados serviços auxiliares, tais como tecnologias de deteção e comunicação, bem como processamento de sinal e poder computacional.

Como as tecnologias mineiras se tornaram mais complexas e os seus processos mais integrados, a necessidade de manter as alianças estratégicas entre os fabricantes de equipamentos e os operadores torna-se cada vez mais importante. Poucas organizações têm a capacidade de combinar todas áreas de tecnologia avançada para desenvolver por completo os equipamentos. Da mesma forma, o desenvolvimento de equipamento automatizado requer coordenação e colaboração entre produtores de máquinas, comunicações e GPS, sensores e tecnologias de imagem.

Os fabricantes de equipamentos têm identificado a necessidade de uma abordagem padronizada para automação e troca de dados (Noort e McCarthy 2008). Ao mesmo tempo, a proliferação de fornecedores de equipamentos que só se especializam em certos aspetos das operações mineiras significa que a montagem de uma solução integrada de hardware e software diversa é difícil e dispendiosa. Além disso, a proteção da propriedade intelectual e considerações semelhantes significa que abordagens colaborativas por fabricantes de equipamentos ou empresas de mineiras pode ser um problema.

---

## 5. Aplicações práticas de sistemas automatizados em minas a céu aberto

### 5.1. Introdução

Neste Capítulo apresentam-se alguns exemplos de aplicações de automação em minas a céu aberto citados na bibliografia. Descreve-se ainda alguns dos impactos da sua implementação na atividade económica Australiana, país no qual foram implementadas.

### 5.2. Camiões sem operador

A mina “Hope Downs 4”, de minério de ferro, a aproximadamente 35 km da Newman na região de Pilbara na Austrália Ocidental, o sistema de camiões sem operador, “Autonomous haulage systems” (AHS) implementado em Janeiro de 2014 o qual ficou concluído em Abril de 2014 com uma frota total de 19 camiões.

O sistema AHS consiste em camiões de transporte sem condutor supervisionados e controlados por um sistema central. Esta tecnologia integra o sistema GPS para controlar os camiões de transporte. Cada camião é equipado com centenas de sensores que fornecem informação real sobre o seu estado e desempenho.



Figura 21 – Camião equipado com o sistema AHS (fonte: [www.riotinto.com](http://www.riotinto.com))

Devido a implementação do AHS, houve uma redução dos postos de trabalho nos operadores de camiões de transporte. No entanto, foram criados outros novos para apoiar e aumentar mais a produtividade da unidade AHS. Essas funções variam de controladores centrais, que controlam e monitorizam os camiões autónomos, técnicos responsáveis por controlar como os camiões se devem deslocar na mina, assim como especialistas em sistemas de comunicação que fornecem diagnósticos de falhas detalhados.

---

Segundo Michael Gollschewski, desde a implementação do sistema de transporte autónomo em Hope Downs 4, houve uma melhoria significativa em incidentes com camiões de transporte, assim como as lesões relacionadas com os seus operadores foram reduzidos a zero. Além disso, incidentes, que resultavam em danos no próprio equipamento também reduziram significativamente.

Os camiões de transporte autónomos contribuem muito para reduzir as perdas associadas com elementos humanos, tais como desempenho individual, quebras de pessoal e absentismo (Zoschke e Jackson, 2000).

O uso de camiões de transporte autónomos melhora a segurança, a manutenção e a vida útil dos equipamentos, otimiza o consumo de combustível e fornece operações simplificadas com sistemas de produção cada vez mais precisos. Mesmo com esses avanços, as empresas de mineiras devem trabalhar duro para conectar esta nova tecnologia com outros processos organizacionais (Parreira, 2010).

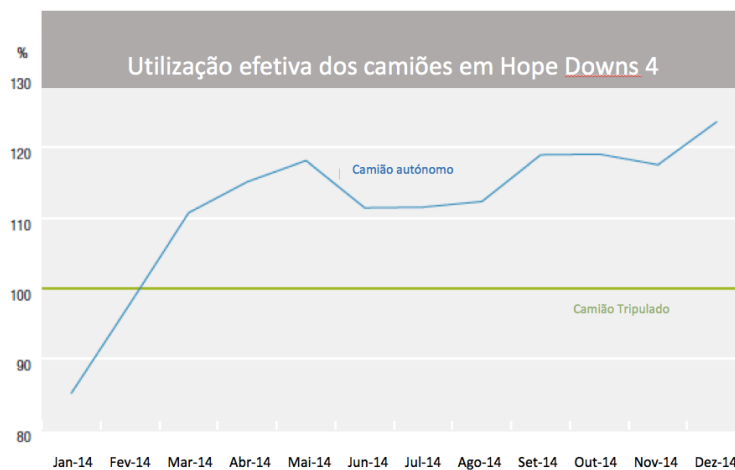


Figura 22 – Comparação da utilização efetiva dos camiões de transporte (adaptado Australia's future workforce, 2015)

A figura 22 demonstra comparação da utilização efetiva dos camiões autónomos em Hope Downs 4, (Azul) com camiões tripulados numa outra mina da Rio Tinto Pilbara (verde).

A capacidade de operação dos camiões de transporte com operador de 14 por cento superior numa fase inicial deve-se ao facto que da frota da mina de Hope Downs 4 ainda não estar concluída faltando ainda 3 camiões por adquirir. Com a frota concluída é notória a produtividade do sistema não tripulado fase ao tripulado, o que vai significar num custo significativo de poupança para o negócio.

Os camiões sem motorista permitem que uma única central de comando coordene a frota completa de veículos, estes executam as operações 365 dias por ano e 24 horas por dia sem a

---

necessidade de suspender as operações de mudança de turno ou de outras necessidades humanas. Segundo Josh Bennett (citado: Kathryn Diss (Outubro, 2015) Driverless trucks move all iron ore at Rio Tinto's Pilbara mines, in world first), gerente operacional na mina Yandicoogina da Rio Tinto, cada caminhão economiza cerca de 500 horas de trabalho por ano assim como benefícios de rentabilidade e manutenção da tecnologia, bem como reduções nos custos de formação de operadores.

### **5.3. Rock de perfuração autónomo**

O grupo de tecnologia e inovação da Rio Tinto iniciou em 2006 o desenvolvimento do projeto de um conceito para um sistema de perfuração Autónoma (ADS - Autonomous Drilling System), na mina de ferro de West Angels mina localizada em Pilbara da Austrália Ocidental.

Esta ideia progrediu por fases de desenvolvimento de protótipos iniciais operados remotamente até uma fase final onde o sistema de perfuração opera autonomamente, com a supervisão e controlo de um veículo móvel, Autonomous Control Vehicle (ACV).



Figura 23 – Rock's de perfuração equipados com o sistema ADS (fonte: [www.riotinto.com](http://www.riotinto.com))

### **5.4. Efeitos na economia australiana**

Os dois casos referidos foram aplicados na Austrália. A Austrália é apenas um dos muitos países ricos em recursos naturais, e que competem nos mercados globais para satisfazer as necessidades de matérias-primas das economias em desenvolvimento. Como os recursos minerais se tornam progressivamente mais difíceis de aceder, as empresas mineiras têm procurado a inovação para se manter competitivas. Ao mesmo tempo, o setor de mineiro australiano sofre com a escassez

---

sustentada de mão de obra de baixa qualificação assim como os postos de trabalho são cada vez mais confinados a ambientes quase inóspitos, os quais devem de modo mais geral cumprir com os regulamentos ambientais e outras normas cada vez mais rigorosas.

#### 5.4.1. Os efeitos diretos e indiretos do setor de recursos na economia australiana

Embora os efeitos sobre diferentes setores da economia australiana têm variado, até à data, não há dúvida de que a economia australiana beneficiou muito com o recente “boom” de exportação de recursos naturais para as economias, principalmente asiáticas. As exportações de recursos (incluindo petróleo e gás) são responsáveis por 55 por cento do total das exportações em comparação com 35 por cento há dez anos (figura 24). Entre 2000 e 2010:

- As receitas de mineiras aumentaram de 6 por cento do PIB em 2000 para 14 por cento;
- O investimento subiu de 1,5 por cento do PIB para mais de 4 por cento;
- O emprego no setor aumentou de menos de 1 por cento do emprego total em 2000 para 1,7 por cento.

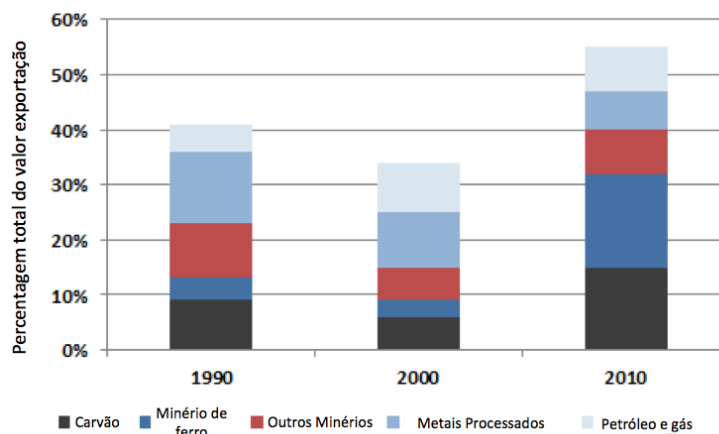


Figura 24 – Distribuição do valor de exportação do minério (adaptado de Connolly and Orsmond (RBA), 2011)

Os efeitos diretos da expansão no setor mineiro ao longo da última década na economia Australiana podem ser divididos num conjunto de componentes (Connolly e Orsmond (RBA), 2011):

- Embora o setor mineiro seja capitalmente forte e empregar relativamente poucas pessoas, o emprego na indústria de mineira cresceu a uma taxa de cerca de 10 por

---

cento ao ano, em comparação com o crescimento do emprego na economia australiana que subiu 2 por cento.

- Os custos de consumo intermédio usados no setor de mineração (bens e materiais utilizados em operações de mineração e serviços) cresceram rapidamente a uma taxa média anual de 15 por cento. Cerca de um terço dos bens e materiais foram importados diretamente, mas os serviços, que compõem cerca de 66 por cento dos consumos intermédios foram fornecidos localmente. Esses serviços incluem o suporte mineiro; finanças, seguros, imóveis e negócios; transporte e armazenamento; comércio por grosso e retalho; utilitários; alojamento; e serviços de construção.
- Os impostos sobre o rendimento da empresa pagos pela indústria de mineira aumentaram de cerca de 0,5 por cento do PIB em 2000 para cerca de 2 por cento do PIB em 2008-09.
- A indústria mineira aumentou as despesas na economia australiana através da atividade de investimento em larga escala, que aumentou de US \$ 10 bilhões (1,4 por cento do PIB) em 2000 para a maioria das estimativas recentes de cerca de US \$ 58 bilhões (4,2 por cento do PIB).

No geral, o aumento das receitas mineiras na década de 2000 fez uma contribuição direta significativa para a atividade económica, e estima-se que os habitantes australianos receberam cerca de metade das receitas totais obtidos com as operações mineiras.

Os efeitos diretos descritos acima tiveram uma série de consequências mais vastas para a economia. Em termos de volume as trocas comerciais da Austrália aumentaram significativamente, assim como os rendimentos reais. De um modo geral, e embora não haja significativa variabilidade da indústria inter-regional e, o ritmo de crescimento das exportações de bens manufaturados e serviços turísticos diminuiu ao mesmo tempo.

#### **5.4.2. Benefícios específicos**

Uma das principais consequências da posição da Austrália na linha da frente inovação de mineração, que também ilustra o potencial de longo prazo para o crescimento em setores específicos, é o surgimento de tecnologia australiana e inovação mineira e equipamentos setor. Este sector é constituído principalmente por pequenas e médias empresas que empregam 50 ou menos pessoas e especializados em:

- 
- aplicações de novas tecnologias para exploração, o desenvolvimento da mina, processamento de minerais, tratamento de minerais e de transporte, e tecnologias de manutenção mineira; eles incluem tecnologias de exploração aérea e no solo, software de exploração e planeamento de mina, sistemas de controle remoto, sistemas de proteção e sistemas de comunicação;
  - serviços de consultoria, tais como topografia, geologia, engenharia geotécnica, a investigação científica, de laboratório e de testes, gestão ambiental, formação e outros serviços;

O setor mineiro australiano é agora uma presença dominante no mercado global para o fornecimento e desenvolvimento de produtos e serviços de tecnologia para a indústria de minerais. Como as tecnologias evoluíram, a gama de aplicações alargou também e um número de empresas que passaram o abastecimento das indústrias, além da mineira.

#### **5.4.3. Implicações para os benefícios e custos da automação**

O estudo anterior mostra que, enquanto os custos e os desafios mais amplos associados da automação no setor de mineração são substanciais, eles são potencialmente superados pelos benefícios que eles podem oferecer. Considerado que esta mudança pode reduzir significativamente os riscos para a saúde e segurança humana, bem como também permitem desenvolver processos e sistemas eficientes, originando em benefícios ambientais. Estes benefícios podem ajudar a combater uma série de desafios enfrentando atualmente a indústria, incluindo as habilidades persistentes e escassez de trabalho, graus de minério em declínio e ambientes de mineração mais complexos, e os desafios ambientais decorrentes da necessidade de reduzir as emissões e os impactos sobre os recursos naturais. Numa perspetiva mais ampla, uma maior automação pode melhorar a competitividade a longo prazo diminuindo com aqueles países com igualmente boas ou melhores recursos naturais, mas com menos restrições, permitindo, um crescimento económico e reforçando a posição competitiva. Como discutido acima, os benefícios económicos da procura dos recursos naturais foram amplamente distribuídos por toda a economia, tanto em termos de emprego e rendimentos.

A partir dessa perspetiva, as preocupações sobre uma redução do emprego na indústria de mineira, como resultado da automação são equivocadas. Enquanto alguns postos específicos são suscetíveis de desaparecer com o tempo, por outro lado, existe a mobilização dos novos postos de trabalho para locais mais desejáveis, além disso amplia as oportunidades de emprego e atrair mais talentos.

---

## **6. Proposta de quantificação dos benefícios económicos das novas tecnologias**

### **6.1. Introdução**

Do exposto, em particular no capítulo anterior, ficaram evidentes algumas das vantagens das novas tecnologias na atividade mineira. Efetivamente, as novas tecnologias surgem como uma ferramenta que pode ser utilizada para maximizar a produção mineira permitindo reduzir custos assim como tornar o ambiente de trabalho mais seguro. No entanto atualmente é imprescindível as organizações justificarem os seus investimentos. Um dos métodos utilizados pelas empresas para avaliarem os seus investimentos é através do cálculo do Retorno do Investimento (ROI - Return On Investment), permitindo determinar a viabilidade económica de um investimento, este cálculo quantifica os ganhos ou as perdas financeiras que resultam de um investimento. Este método de cálculo pode ser aplicado a todos os tipos de investimentos.

Este capítulo tem como objetivo propor um modelo de cálculo que permita a uma organização analisar a rentabilidade, vantagens ou desvantagens económicas, de um investimento em novas tecnologias como automatismos ou tecnologias de informação.

O método de cálculo do retorno do investimento baseia-se parcialmente em estudos de literatura e em parte na experiência profissional do autor numa empresa de aluguer de equipamentos para a construção e geotecnia. Esta experiência impulsionou a decisão de implementar uma tecnologia que permitisse diminuir os maiores custos inerentes à área de aluguer de equipamentos, a manutenção preventiva e curativa (falhas do equipamento). O objetivo seria aumentar a rentabilidade das assistências técnicas, através do acesso rápido da localização geográfica dos equipamentos, assim como diminuir as falhas provocadas por manutenções preventivas tardias, através de alertas automáticos.

### **6.2. Manutenção**

A manutenção é definida por todas as ações incluindo inspeção, ajustes, limpeza, lubrificação, teste e substituição de peças, conforme necessário para manter a capacidade de o equipamento operacional (Recommended Practice for Procedures for Inspections, Maintenance, Repair and Remanufacture of Hoisting Equipment, Seventh Edition, March 2002).

O conceito pode também ser definido pela “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo ações de supervisão, efetuadas para manter um item ou restaurá-lo

---

para um estado no qual pode executar uma função requerida” (ISO 20815:2008, Petroleum, petrochemical and natural gas industries – Production assurance and reliability management).

O conceito de manutenção, anteriormente considerado como “um mal necessário”, a sua gestão era ignorada pois o principal foco era no produto final. No entanto, com o desenvolvimento da informatização é possível gerir manutenção dos equipamentos, monitorizar em tempo real evitando as falhas catastróficas e reparações desnecessárias reduzindo assim o impacto negativo das manutenções aumentando a rentabilidade das máquinas.

### **6.2.1. História**

A indústria antes da Segunda Guerra Mundial não tinha um alto nível mecânico, ou seja, a maior parte do equipamento era sobredimensionado e simples. As consequências da avaria não tiveram uma forte influência e o efeito foi negligenciado (Alsyouf, 2007). Por esse motivo, o equipamento industrial estava em funcionamento até ocorrer a avaria, e quando esta acontecer será substituído ou reparado. Assim, a mentalidade era: “fix it when it breaks”(reparar quando avariar). Na primeira abordagem de manutenção não foram tomadas medidas para detetar o início da falha nem para evitar falhas, esta abordagem pode ser descrita como manutenção reativa (Alsyouf, 2007). A gestão de nível médio e corporativo, ignorava o impacto da operação de manutenção nos custos de produção, lucro final e qualidade do produto. A opinião geral foi que "nada pode ser feito para impactar os custos de manutenção" ou "a manutenção é um mal necessário"

A Segunda Guerra Mundial transformou as coisas e tudo mudou dramaticamente durante a guerra. Isto devido à falta de mão de obra e a uma crescente necessidade na produção (Kister e Hawkins, 2006). Como resultado, a mecanização aumentou e as instalações fabris mudaram e tornaram-se mais complexas (Alsyouf, 2007). Para atender à crescente procura por materiais de guerra e para compensar a escassez de mão de obra, a tecnologia fabril foi forçada a desenvolver mais mecanização (Kister e Hawkins, 2006). O custo, a longevidade e a disponibilidade foram agora considerados como fatores importantes para atingir os objetivos de negócios e, portanto, a manutenção foi considerada como técnica e tornou-se uma tarefa do departamento de manutenção (Alsyouf, 2007). A confiabilidade do equipamento era agora importante e o tempo de inatividade da produção tornou-se preocupação de todos. A nova base de manutenção permitiu à organização de manutenção desenvolver e implementar programas periódicos, planeados e preventivos (Kister e Hawkins, 2006).

---

As instalações de produção tornaram-se ainda mais automatizadas e complexas durante a década de 1970 (Alsyouf, 2007). Confiabilidade, disponibilidade e manutenção, bem como qualidade, segurança, meio ambiente e multiquificação foram agora considerados muito importantes. A monitorização baseada em condições tornou-se mais fácil de utilizar na indústria devido à automação e ao desenvolvimento da tecnologia da informação, e a manutenção tornou-se mais integrada e deixou de ser uma função isolada (Alsyouf, 2007).

No início dos anos 80, muitos conceitos sistemáticos foram propostos, como Manutenção Produtiva Total (TPM) ou Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) (Alsyouf, 2007).

Os desenvolvimentos de instrumentação ou microprocessadores baseados em computador forneceram os meios para gerir a operação de manutenção devido ao fato que pode ser utilizada para monitorar o estado operacional de equipamentos e sistemas. As reparações desnecessárias podem ser reduzidas ou mesmo eliminadas, podendo-se evitar falhas catastróficas da máquina e reduzir o impacto negativo da operação de manutenção sobre a rentabilidade (Mobley, 2004).

A manutenção sempre teve uma grande importância na área da indústria, mas recentemente existe uma maior relevância por parte das empresas, compreendendo o seu valor assim como as consequências da inatividade de uma indústria.

Um número cada vez maior de empresas substituiu a atual estratégia de manutenção "combate a incêndios" com estratégias proativas como a manutenção preventiva (Swanson, 2001).

As empresas comprometem-se a reduzir os custos e, ao mesmo tempo, a melhorar a qualidade e a produtividade, uma parte desses esforços geralmente inclui um exame da função de manutenção. Para muitas operações dentro de uma empresa produtora, a manutenção eficaz é de extrema importância devido ao fato de estender a vida útil do equipamento, aumentar a sua disponibilidade e manter o equipamento em condições adequadas. Equipamentos sem a manutenção adequada podem, inversamente, levar a falhas mais frequentes, e consequentemente baixas na taxa de utilização do equipamento e originar atrasos de produção.

O equipamento que está em mau funcionamento pode causar uma maior taxa de produção de produtos com uma qualidade questionável. Além disso, o equipamento precisa ser substituído com mais frequência devido a ciclos de vida mais curtos, o que também é consequência de uma má manutenção (Swanson, 2001).

A manutenção tem sido tradicionalmente considerada um mal necessário, mas na verdade é mais um centro de lucro do que uma despesa inevitável e imprevisível (Alsyouf, 2007).

Se forem utilizadas políticas de manutenção eficazes, as falhas podem ser reduzidas a um nível mínimo que pode resultar em grandes economias. Portanto, devido ao seu papel na rentabilidade corporativa de longo prazo, a manutenção é um fator relevante. A produção e seus aspetos operacionais como qualidade, custos, capacidade, segurança e meio ambiente são influenciados

---

pela manutenção do equipamento. Mas, devido ao fato da manutenção ser considerada um processo de suporte para a produção, é difícil marcar seus impactos. O nível de desempenho de manutenção percebido depende da perspectiva aplicada (Alsyouf, 2007).

### **6.2.2. A importância de uma estratégia de manutenção**

Uma gestão de custos eficaz é um fator chave para o sucesso em qualquer setor. No negócio de aluguer de equipamentos é fundamental. A manutenção do equipamento é um dos principais custos, originando despesas elevadas inesperadas em reparações e quebras faturação em casos de falhas.

Uma estratégia é sempre seguida, consciente ou inconscientemente. Quando uma estratégia não é declarada, apenas seguida inconscientemente, o resultado é muitas vezes uma abordagem reativa, que faz com que os eventos e outros para escolher a direção. Se uma empresa não trabalha para evitar falhas, ou consequências de falhas, então a manutenção está a funcionar numa estratégia de execução para falha (Campbell e Reyes-Picknell, 2006).

Se houver uma estratégia de manutenção bem desenvolvida e definida que seja conhecida por todos, então novos problemas, em vez de recorrentes antigos, serão resolvidos. Se não for, o tempo disponível deve ser aproveitada para desenvolver e definir uma estratégia de manutenção, comunicá-lo, e último estabelecer o foco das escolhas táticas de como é possível alcançá-lo. As táticas são as atividades reais necessárias para implementar a estratégia, que diz respeito à gestão de processos, pessoas e infraestrutura de ativos físicos (Campbell e Reyes-Picknell, 2006).

A estratégia é desenvolvida para criar uma direção de como atingir os objetivos de máxima disponibilidade/confiabilidade e adquirir conhecimento aprofundado nos sistemas técnicos com uma abordagem fácil de usar e estruturada (Waeyenbergh e Pintelon, 2002). Os objetivos podem parecer intuitivos, mas não até que sejam anotados a importância de uma organização proativa da manutenção e da confiabilidade de uma empresa e dos seus recursos seja destacada.

A integração de máquinas, homens, métodos e meios numa estratégia bem concebida requer uma indispensável capacidade gestão (Waeyenbergh e Pintelon, 2002).

### **6.3. Retorno Sobre o Investimento (ROI)**

O ROI, segundo a Investopedia, é uma medida de desempenho utilizada para avaliar a eficiência de um investimento ou comparar a eficiência de vários investimentos diferentes. No entanto, existem outras definições.

---

“Há muitas outras definições de ROI na literatura (por exemplo, "Rate of Return", n.d., Goetzl, n.d.). Cada definição enfoca certos aspectos do ROI. Tais definições refletem o fato de que as abordagens e os conceitos do ROI variam de empresa para empresa e de utilizador para utilizador, provavelmente cada consultor tem uma variação particular. Apesar da diversidade das definições, a noção primária é a mesma: ROI é uma fração, cujo numerador é "ganho líquido" (retorno, lucro, benefício) obtido como resultado do projeto (atividade, sistema Operações), enquanto o denominador é o "custo" (investimento) gasto para alcançar o resultado.”(Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management Volume 6, 2011).

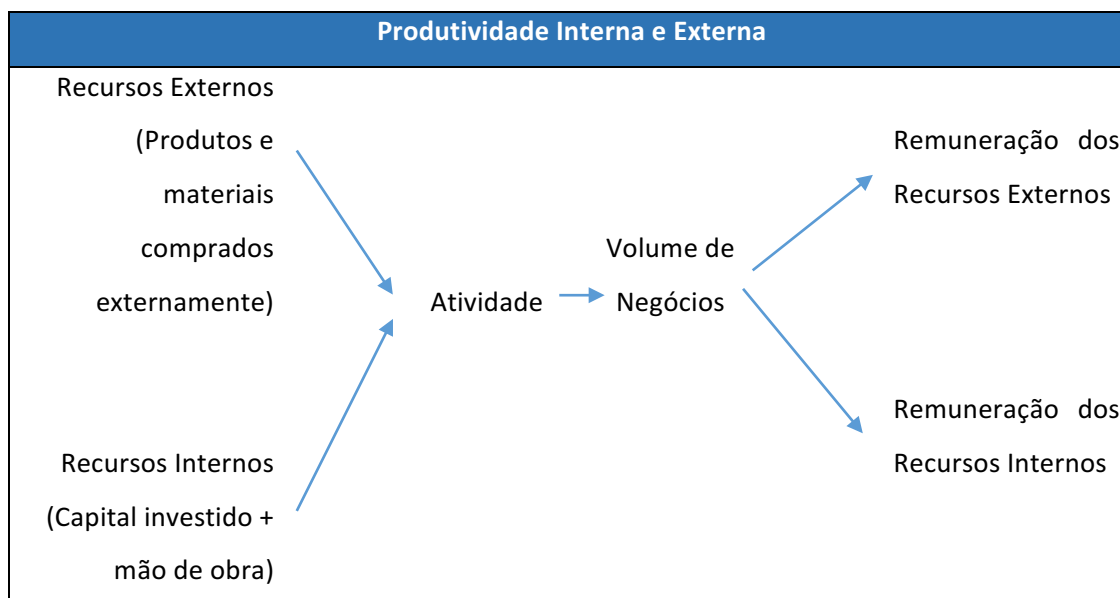
Para calcular o ROI, o benefício (retorno) de um investimento menos o custo do investimento é dividido pelo custo do investimento. O resultado é expresso como uma percentagem ou uma relação. A fórmula de retorno sobre o investimento:

$$ROI = \frac{(\sum \text{Retorno Obtido} - \sum \text{Custo Investimento})}{\sum \text{Custo Investimento}} \times 100$$

O retorno sobre o investimento é uma ferramenta muito popular por causa de sua versatilidade e simplicidade. Essencialmente, o retorno sobre o investimento pode ser usado como um indicador mais ou menos preciso da rentabilidade de um investimento, dependendo da análise pretendida. O ROI pode ser muito fácil de calcular e interpretar e pode ser aplicado a uma grande variedade de tipos de investimentos, ou seja, se um investimento não tem um ROI positivo, ou se existem outras oportunidades disponíveis com um maior ROI, então esses valores interferem na decisão sobre quais investimentos são preferíveis a outros.

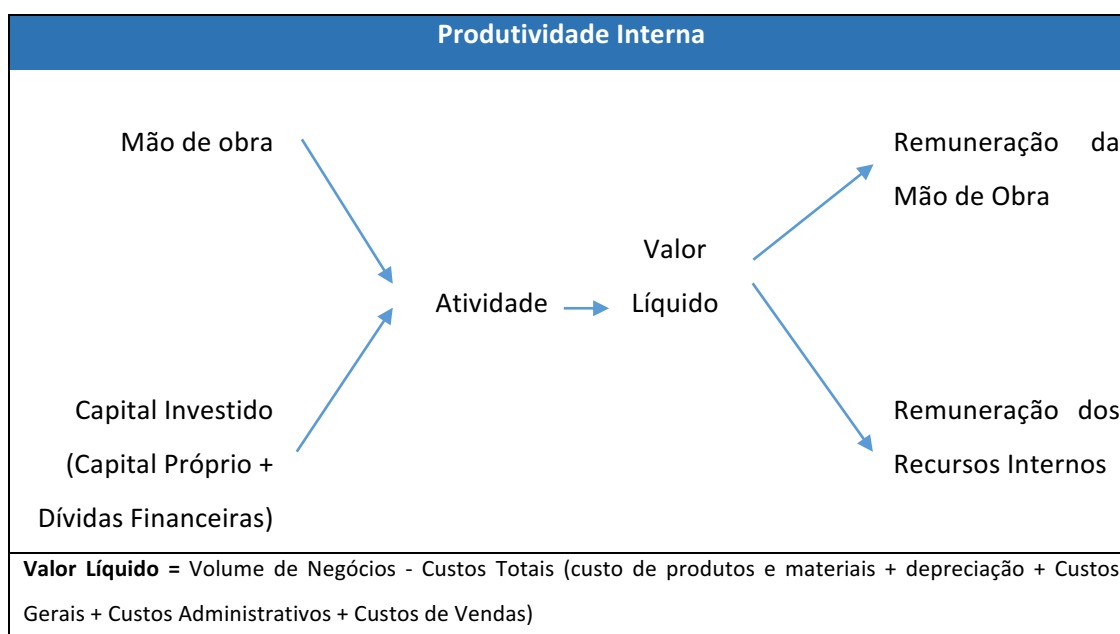
A produtividade de uma empresa é a relação entre a produção total e os *inputs* totais, os *inputs* totais (os recursos externos e os recursos internos) são utilizados pela empresa para fazer sua atividade funcionar, sendo o output total o valor da produção (tabela 2).

Tabela 2 – Produtividade interna e externa



Na tabela 3 é demonstrado um esquema detalhado da produtividade dos recursos internos, não considerando assim a capacidade da empresa comprar produtos externos.

Tabela 3 – Produtividade interna

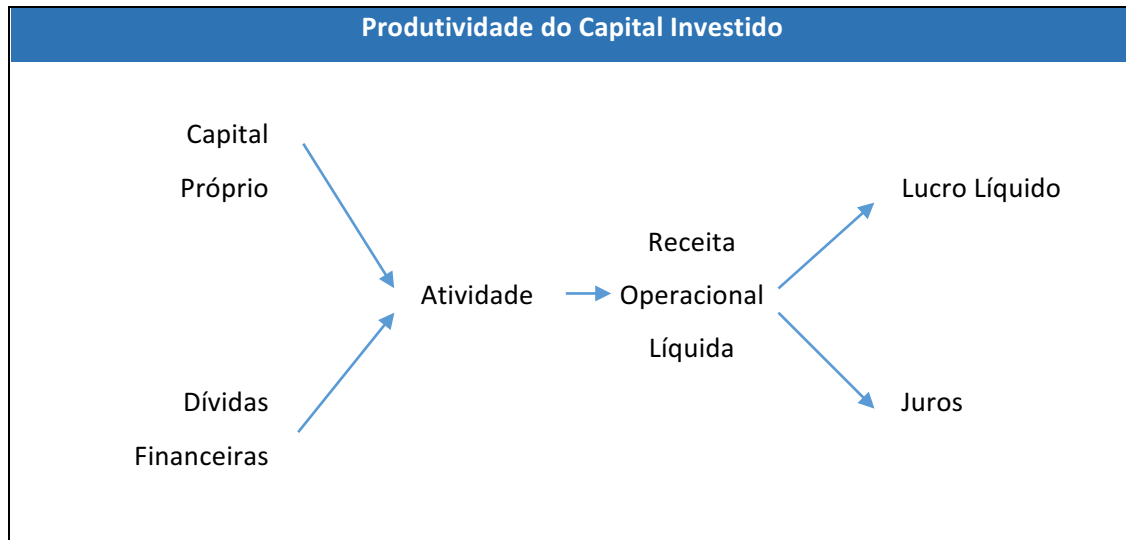


Na tabela 4 é possível analisar um detalhe da produtividade do capital investido, não considerando a capacidade financeira da empresa para remunerar os seus trabalhadores. A produtividade do investimento é a relação entre o “Lucro Líquido Operacional” e “Capital Investido”, o capital investido sendo o capital próprio e as dívidas financeiras utilizadas para fazer o investimento.

---

A produtividade do investimento é a relação entre o “Lucro Líquido Operacional” e o “Capital Investido”, o capital investido sendo o capital próprio e as dívidas financeiras utilizadas para fazer o investimento.

Tabela 4 – Produtividade do capital investido



O ROI é um dos indicadores mais importantes, pois indica claramente os investimentos têm os resultados satisfatórios, permitindo também ajudar a determinar se é oportuno investir em um outro projeto.

Na literatura técnica é possível identificar vários métodos para o calcular o ROI, neste estudo será utilizada uma expressão simples: subtração do retorno obtido com custo do investimento em numerador, dividido com o custo do investimento.

“Segundo o artigo publicado na Prentice Hall (Editora de Educação, EUA), a sabedoria não pode ser reduzida ao cálculo do ROI. As maiores evoluções informáticas, como é o caso do primeiro processador nos anos 70 ou o primeiro servidor Linux na década de 1990 não tinham um ROI favorável. Se nos deixarmos guiar apenas pelo ROI não existiram conquistas tecnológicas como nas últimas décadas.” (citado: Maximizing ROI on Software Development, 2005). Contudo é aceite globalmente que, na generalidade das situações, constitui um bom indicador do desempenho de um determinado investimento razão pela qual se opta por considerar esta grandeza no presente estudo.

### 6.3.1. ROI - Automação Industrial

Para aumentar o ROI, o capital deve ser reduzido ou o lucro aumentado ou, de preferência, ambos ao mesmo tempo. Quando um projeto é considerado, todas as áreas de poupança

---

possíveis devem ser avaliadas. As possíveis reduções de custos de capital do projeto devido a escolhas de automação podem incluir economias em:

- Engenharia;
- Custos de aquisição;
- Preço de compra;
- Instalação, Configuração, Calibração e Manutenção;
- Projeto de execução.

As despesas podem ser reduzidas, reduzindo o uso de energia / utilidade e diminuindo os custos das matérias-primas através do aumento dos rendimentos dos produtos desejáveis.

Podem ocorrer reduções em todos os tipos de custos de manutenção devido ao melhor desempenho da automação e à monitorização aprimorando todo o processo. A poupança específica pode incluir reduções em:

- Manutenção não programada;
- Número de verificações de rotina;
- Tempo para executar tarefas de manutenção necessárias;
- Compra de materiais de manutenção;
- Custos das tarefas necessárias durante as paragens agendadas.

#### 6.3.1.1. Custos de investimento

Ao realizar análises de investimento, é importante considerar os custos do ciclo de vida completo, não apenas o preço de compra inicial, de novos equipamentos e novos sistemas de software.

Na área inicial do projeto devem ser considerados os custos:

- Compra de hardware;
- Custos de instalação;
- Atualizações das infra-estrutura necessárias - redes, etc.;
- Licenças de software;
- Serviços específicos de aplicativos - design, configuração, codificação personalizada, banco de dados, instalação do sistema e integração;
- Formação - Suporte do sistema e usuário final;
- Despesas do projeto.

---

As estimativas de custo contínuo de manutenção e suporte devem incluir de forma semelhante:

- Contratos de suporte de hardware;
- Atualizações de hardware;
- Contratos de suporte de software;
- Custos de suporte internos;
- Atualizações de infraestrutura necessárias em curso;
- Custos de migração para versões mais recentes;
- Formação contínua dos utilizadores.

Este último item é de elevada importância, manter os níveis de competência e conhecimentos atualizados dos usuários. Por vezes a preocupação com os problemas do dia a dia perde-se o foco dos requisitos de longo prazo.

### **6.3.2. Indicadores-Chave de Desempenho (KPI)**

Um Indicador de Desempenho Chave é um valor mensurável que demonstra que uma empresa está a atingir os seus principais objetivos de negócio.

Para melhorar os seus processos, uma organização deve definir corretamente a avaliação do seu desempenho. Os processos principais que devem ser avaliados são os que têm impacto nas estratégias diretas de uma organização, os quais devem ser monitorados constantemente.

Um dos aspetos mais importantes, embora algumas vezes negligenciado, é a escolha dos KPIs, muitas vezes as organizações adotam KPIs conhecidos, utilizados noutros estudos, e mais tarde detetam que não reflete nenhum impacto positivo no seu negócio.

Para desenvolver a definição dos KPIs, a organização deve inicialmente compreender quais são os seus objetivos organizacionais e como pretende atingi-los. À medida que se desenvolve a análise da informação a organização adquire uma melhor sensibilidade e compreensão de quais os processos os seus negócios precisam de ser medidos.

#### **6.3.2.1. Mensuração**

Para a definição dos KPIs é necessário definir o grau de mensurabilidade. Desta forma, os parâmetros podem ser divididos: os que podem entrar diretamente na fórmula para a avaliação ROI; os parâmetros que devem ser elaborados devido à sua dependência do contexto onde são

---

aplicados; e aqueles que podem ser relevantes para a decisão, mesmo que eles não possam ser usados numa fórmula porque são economicamente não quantificáveis.

Assim, três aspetos do parâmetro são considerados para definir o grau de mensurabilidade:

- Mensurável - os dados quantificáveis que podem ser mensurados objetivamente. Os ganhos associados a esses parâmetros são constantes com o contexto em que o sistema é aplicado. Esses dados serão as entradas da fórmula ROI.
- Parcialmente mensuráveis - esses dados são dificilmente mensuráveis, porque dependem do contexto onde são medidos, ou são dificilmente quantificáveis economicamente. O ganho é muito variável para ser considerado numa fórmula genérica.
- Não mensurável - Nesta área, são considerados todos os parâmetros que dependem do contexto e economicamente não são quantificáveis

#### **6.4. Retorno sobre Investimento em Tecnologia da Informação (ROIT)**

O caso em estudo incidirá principalmente numa tecnologia da informação. O uso da Tecnologia da Informação (TI) foi iniciado principalmente com uma declaração da Robert Solow (1987) de que o investimento em TI não estavam a ser considerada nos indicadores de produtividade e que estes não estavam a dar retorno aos seus investidores. Muitos investigadores seguiram diferentes abordagens para investigar e pesquisar em torno desta área, alguns concordando com Robert Solow outros não. A partir de muitos estudos empíricos, provavelmente há tantos pontos de vista e conclusões diferentes para investir, ou não, em TI. A única coisa que a maioria dos investigadores concorda é que os resultados dos investimentos em TI são difíceis de medir. Por outras palavras, os benefícios são muitos, mas são, em alguns casos, difíceis de avaliar. Quando uma empresa procura resolver um problema ou atingir um determinado objetivo que envolve equipamentos de TI, uma avaliação deve ser feita para encontrar a melhor abordagem possível. Diferentes alternativas são avaliadas e pensadas, no entanto, não existe um método padronizado para facilitar as questões iniciais nesse processo. Muitos métodos diferentes foram desenvolvidos para permitir que as empresas façam uma avaliação de seus investimentos em TI. Muitas das dificuldades ocorrem do fato de que os investimentos em TI podem-se traduzir em ativos tangíveis ou intangíveis, tornando as avaliações mais difíceis de traduzir num valor. A comunicação dentro da empresa, a coordenação, pode aumentar, proporcionando um controlo que proporciona uma melhor visão dos parâmetros da empresa, e a empresa como um todo recebe um meio de comunicação mais efetivo. Os benefícios em termos de produtividade

---

também podem aumentar ao investir em TI, no entanto, em alguns casos, os métodos aprimorados implementados não estão a ser devidamente aplicados e, em vez disso, provocam confusão e atrasos nos processos. Em conclusão, à medida que a pressão sobre as empresas aumenta de partes e outros para serem mais produtivas, mais eficientes, mais rentáveis e assim por diante, a importância de poder demonstrar que um investimento é um aumento lucrativo.

### **6.5. Parâmetros do Modelo**

Na situação industrial atual, melhorar a competitividade passou a ser um dos principais objetivos. Para melhorar, é necessário traçar objetivos e avaliar a performance dos processos e efetuar alterações. Este projeto tem como foco o desenvolvimento de um sistema de avaliação dos benefícios da reestruturação do processo de controlo da manutenção de equipamentos.

Este trabalho tem como foco a implantação de um sistema de um software de gestão da manutenção de equipamentos industriais numa empresa. Procura-se observar o processo definido para a atividade de manutenção, com a finalidade de identificar os reais melhoramentos da sua implementação.

O software de gestão é uma ferramenta específica que depende do contexto de aplicação. Os possíveis benefícios, e o respetivo fator de ganho, podem variar dependendo do caso de aplicação. Por este motivo é impossível criar uma fórmula completa aplicável a todos os casos possíveis. Por esta razão, este projeto foca na criação de um modelo de ROI subjetivo cujo valor deve ser calculado pela própria empresa, conhecendo o contexto em que a tecnologia pretendida é aplicada e implementada. O modelo considera a maioria dos aspetos da aplicação de automatismos facilitando a sua aplicação.

Os custos e benefícios possíveis relacionados com a implementação do software estão incluídos numa matriz onde tanto os custos quanto os benefícios são divididos em três graus de mensurabilidade.

Tabela 5 – Grau de mensurabilidade

	Mensurável	Parcialmente Mensuráveis	Não Mensurável
Custos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software</li> <li>• Formação</li> <li>• Trabalho adicional associado as novas tarefas:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Administrador e técnico</li> <li>○ Programador</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O processo de mudança pode ser mais complicado (perda de tempo e dinheiro)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medo dos novos procedimentos</li> </ul>
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuição do número médio de avarias:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Menos intervenções “SOS”.</li> </ul> </li> <li>• Rentabilização das deslocações, devido a facilidade de localização dos equipamentos.</li> <li>• Informação remota do número de horas de trabalho do equipamento:</li> <li>• Redução do tempo “perdido” para tentar obter essa informação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuição do número de funcionários</li> <li>• A centralização dos processos ajuda a integrar novos funcionários (diminuição da formação de novos funcionários)</li> <li>• Tarefas realizadas num menor espaço de tempo.</li> <li>• Redução o número de erros (manutenção duplicada)</li> <li>• Compartilhamento de dados (atualização simultânea)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funcionários mais satisfeitos</li> <li>• Fornece comunicações e coordenação no grupo.</li> <li>• Diminuição do tempo necessário para responder aos pedidos e consultas dos seus utilizadores</li> <li>• Desenvolve o senso de organização e controle ao invés do caos</li> </ul>

---

## **6.5.1. Parâmetros Mensuráveis**

### **6.5.1.1. Custos de instalação**

Neste parâmetro são contabilizados todos os valores mensuráveis inerentes à instalação do software, assim como os custos de adaptação a gestão pretendida: Instalação e Customização extra.

Para poder aplicar e instalar a ferramenta, é necessário ter um hardware específico, como uma rede com um servidor. Neste estudo, não foram considerados esses custos visto que essas unidades de hardware estão presentes na empresa, assim como na maioria das empresas de uma certa dimensão. Por esta razão, a contribuição dos custos de hardware não é considerada no investimento total referente à introdução software.

### **6.5.1.2. Custos de manutenção do software**

Os primeiros custos que devem ser considerados na introdução da ferramenta são as licenças e os custos de manutenção. Estes dependem estritamente da ferramenta utilizada para os custos unitários e do número de licenças.

### **6.5.1.3. Custos de formação**

A ferramenta por si só não irá introduzir nenhuma melhoria, os seus utilizadores e que iram fazer a diferença. Os custos de formação dependem principalmente da curva de aprendizagem da ferramenta (número de módulos, número de pessoas que trabalham em paralelo, número de versões e variantes do programa, etc.). Assim, devem ser contabilizados os custos de formação de todos os seus utilizadores: administrador e técnicos.

### **6.5.1.4. Custos do processo de adaptação**

O processo de alteração pode adicionar alguns custos, principalmente pela perda de tempo durante o processo de adaptação. Este parâmetro é bastante difícil de estimar devido à sua natureza aleatória das decisões e das alterações no projeto.

---

#### 6.5.1.5. Redução das avarias dos equipamentos

Com um maior controle sobre os equipamentos, mantendo sempre as manutenções e verificações atualizadas reduziu a avarias. Como consequência desta redução as intervenções passam a ser programadas originando uma redução de intervenções “SOS”, sendo estas últimas consideravelmente mais morosas e dispendiosas.

A redução de paragens por avaria significa também aumento do número de dias de equipamento disponível, resultando neste caso num aumento do rendimento económico.

#### 6.5.2. Benefícios parcialmente mensuráveis

##### 6.5.2.1. Redução do número funcionários e facilidade integrar novos

A implementação do sistema permite uma redução de trabalho, principalmente na transmissão de informação permitindo aceder a todo o histórico dos equipamentos por todos os funcionários, mesmo quando estão fora das instalações com recurso a um smartphone.

A documentação centralizada e de acesso rápido facilita a inserção de novos colaboradores na empresa, reduzindo o custo médio de formação. Outro benefício é a diminuição do número de mudanças na estrutura da empresa, isto é dificilmente quantificável para o cálculo do ROI porque existem muitas razões diferentes para mudanças de pessoal. Mas podemos afirmar pensar que, se os empregadores estiverem satisfeitos, não deixarão o seu emprego.

##### 6.5.2.2. Apoio à manutenção

Todas as operações efetuadas no equipamento ficam registadas e de fácil consulta, assim como é possível identificar a sua localização geográfica e número de horas de trabalho em tempo real.

A centralização de todos os registos permite reduzir erros, como por exemplo, a manutenção em duplicado provocada, principalmente, pela dificuldade de aceder ao histórico do equipamento.

A geolocalização permite obter a informação geográfica de um equipamento reduzindo a tempo de deslocação, visto que a localização pode ser importada facilmente para um sistema GPS. Outro benefício deste recurso é a possibilidade de otimizar as deslocações efetuando várias visitas programadas, em locais próximos, a vários equipamentos.

---

### 6.5.3. Benefícios não mensuráveis

A tabela 6 expõe os principais benefícios não mensuráveis resultantes da implementação do software.

Tabela 6 – Benefícios não mensuráveis

<b>Satisfação dos funcionários</b>	Esta é uma medida realmente subjetiva e qualitativa, como tal não será considerada no modelo, mas é importante para o índice de produtividade assim como reduz a taxa de mudanças de colaboradores. Se o colaborador estiver feliz no seu ambiente de trabalho, não mudará de emprego.
<b>Coordenação da equipa e comunicações eficazes</b>	Uma melhor coordenação do grupo melhora a produtividade, minimizando o tempo de espera e os erros.
<b>Organização e controlo</b>	O projeto desenvolve o senso de organização e controlo, permitindo melhorar a qualidade e toda a produtividade da equipa.

---

## **7. Aplicação do modelo proposto a um caso concreto**

### **7.1. Introdução**

Neste Capítulo apresenta-se o modelo genericamente descrito no Capítulo anterior a um caso concreto com o objetivo de avaliação quantitativa do retorno obtido após implantação de um software de controlo e gestão remota com geolocalização de equipamentos de geotecnia.

Para a aplicação do software desenvolvido usa-se o caso de dois tipos de equipamentos pertencentes à frota de aluguer da empresa SGSV, Lda e que frequentemente são utilizados em minas de céu aberto. A análise vai incidir nos compressores de alta pressão Atlas Copco XRVS 476.

### **7.2. SGSV, Lda**

Fundada em 1982, a SGSV ([www.sgsv.pt](http://www.sgsv.pt)) distingue-se pela oferta alargada e completa que possui e pela sua equipa multidisciplinar e qualificada capaz de dar resposta às mais diversas necessidades do setor industrial, de construção, de geotecnia e mineiro.

A empresa é especializada em aluguer e manutenção geral de equipamentos para a construção e para o setor mineiro, tais como, compressores, geradores, equipamentos de perfuração (rock driller), assim como equipamentos para projeção de betão.

### **7.3. Atlas Copco XRVS 476**

A Atlas Copco é dos principais fabricantes de compressores de ar comprimido portátil no mundo. Os compressores ar portátil são dos compressores mais utilizados na furação assim como na indústria de petróleo e gás.



Figura 25 – Compressor Atlas Copco XRVS476 (fonte: Catalogue Atlas Copco Portable Compressors)

### 7.3.1. Características técnicas

Na figura 26 são apresentadas as características dos equipamentos em análise (compressor Atlas Copco XRVS476):

Technical data		XRVS 336	XRVS 476
Normal effective working pressure	psi	365	365
	bar(e)	25	25
Actual free air delivery*	cfm	695	975
	l/sec	328	460
	m <sup>3</sup> /min	19.7	27.6
Oil capacity compressor system	l	75	
Content fuel tank Wagon	l	785	
Content fuel tank Tandem	l	532	
Content large fuel tank	l	1358	
Air outlet valve		1 x 2"	
Engine Caterpillar			
Type		C9.3 ACERT Stage IIIB	C13 ACERT Stage IIIB
Output	kW	242	354
Engine speed (nominal)	rpm	1800	1800
Engine speed (unloaded)	rpm	1300	1300
Unit dimensions (overall) L x W x H			
Wagon (towbar raised)	m	4.9 x 2.15 x 2.50	
Tandem	m	5.65 x 2.15 x 2.50	
Skid (Support mounted)	m	4.05 x 2.15 x 2.25	
Weight (wet excl. fuel)			
Wagon	kg	6520	7110
Tandem	kg	6245	6910
Support mounted (option big fuel tank)	kg	5870	6580
Sound level			
Sound power level (LWA)**	dB(A)	100	104
Sound pressure level (LPA) at 7m acc. to ISO 2151	dB(A)	72	76

\* according to ISO1217 ed. 3 1996 annex D

\*\* complies with 2000/14/EC, 84/533/ECC AND 85/406/EEC limits

**Atlas Copco**

Never use compressed air as breathing air without prior purification in accordance with local legislation and standards.

Figura 26 – Características compressor Atlas Copco XRVS476 (fonte: Catalogue Atlas Copco Portable Compressors)

### 7.3.2. Manutenção preventiva

O quadro apresentado na tabela 7 contém um resumo das instruções de manutenção do fabricante do equipamento Atlas Copco. Para manutenção do motor, o fabricante aconselha a consulta o Manual de operação do motor, neste caso particular o motor instalado no equipamento é Caterpillar – C13. O cronograma de manutenção deve ser visto como uma diretriz para uma utilização comum, o mesmo pode ser adaptado de acordo com a aplicação, ambiente e qualidade de manutenção.

Para o estudo não serão considerados os custos das reparações das avarias, mas apenas os custos dos consumíveis nas manutenções preventivas, ou seja, será baseado nas condições ótimas. Na tabela 8 apresenta-se o plano de manutenção considerado para o projeto, baseado nos planos de manutenção do fabricante do equipamento (Atlas Copco) e do motor instalado no equipamento (Caterpillar).

Tabela 7 – Plano de adaptado para compressor XRSV 476 (fonte: Instruction Manual for Portable Compressors XRV5 476 Cd - Engine CAT C13 Tier 3)

Substituir	A Cada				
	250 Horas	500 Horas	750 Horas	1000 Horas	3000 Horas
Óleo Motor	X	X	X	X	X
Óleo Compressor				X	X
Filtro Óleo	X	X	X	X	X
Filtro Óleo Compressor				X	X
Filtros Gasóleo	X	X	X	X	X
Filtros Ar		X		X	X
Líquido de refrigeração					X
Sensor temperatura					X

---

Na tabela 8 apresenta-se os custos de cada manutenção.

Tabela 8 – Custos da manutenção  
adaptado XRVS 476 (fonte: SGSV)

Horas	Custos (€)
250	450
500	750
750	450
1000	1600
3000	1850

#### **7.4. Modelo de cálculo desenvolvido**

##### **7.4.1. Generalidades**

A aplicação do modelo proposto desenvolveu-se segundo a sequência de atividades a seguir resumida:

- Fase 1: recolha de informação dos procedimentos da empresa e de todos os registos de custos de manutenção dos equipamentos;
- Fase 2: cálculo de todos os investimentos efetuado até a momento e custos (diretos e indiretos).
- Fase 3: pesquisa de novos produtos/serviços disponíveis no mercado que pudessem melhorar a eficiência e a eficácia;
- Fase 4: implementação de um software de gestão dos equipamentos e geolocalização;
- Fase 5: quantificação dos benefícios diretos e indiretos da implementação software.

Muitos artigos e livros dedicados ao assunto de falhas de compressores portáteis com motor diesel, constroem listas de possíveis falhas. A maioria das listas são compostas pelos próprios fornecedores, para o caso em estudo foram consideradas as principais causas que originam a paragem do equipamento (tabela 9).

Tabela 9 – Listagem das avarias mais frequentes (fonte: SGSV)

AVARIAS	
Falhas (com paragem)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motor não responde:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Obstrução dos filtros combustível</li> <li>2. Obstrução dos filtros ar</li> <li>3. Fuga de combustível no sistema</li> </ol> </li> <li>• Nível óleo motor baixo:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incumprimentos dos intervalos de manutenção</li> <li>2. Fuga no sistema</li> </ol> </li> <li>• Nível óleo hidráulico do parafuso baixo:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Filtro separador danificado</li> <li>2. Fuga no sistema</li> </ol> </li> <li>• Aquecimento:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Obstrução dos radiadores</li> <li>2. Líquido de refrigeração baixo (Fuga)</li> </ol> </li> <li>• Falta de pressão do ar produzido:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Válvula de controle pressão obstruída</li> </ol> </li> </ul>

#### 7.4.2. Investimento

Na definição do investimento deve ser considerado o valor total em euros.

O investimento define a quantidade de capital despendido no software que visa o aumento da rentabilidade dos equipamentos.

Valores considerados:

- Instalação software
  - É o processo de inserção de todos os ficheiros necessários no servidor, computadores, smartphones e tablets para que o programa possa ser executado (Velox 2.0).

- 
- Sistema GPS
    - Este sistema utiliza a tecnologia GPS/GSM, tem como principal objetivo a localização em tempo real do equipamento assim como permite a comunicação com o back office para garantir o envio dos relatórios de funcionamento definidos pelo utilizador.
  - Customização extra
    - São consideradas as funcionalidades extras no software base,
  - Formação
    - Aquisição de todos os conhecimentos necessários para realizar todos das funções autonomamente
  - Licenças
    - Autorizações de utilização do software e atualizações

#### 7.4.2.1. Software – Velox 2.0

A solução VELOX tem como principal objetivo gerir e controlar as tarefas a serem executadas por técnicos no terreno.

O software divide-se em dois componentes: *Backoffice* (escritório) e Aplicação Android para os Técnicos deslocados. O *Backoffice* permite trocar e recolher dados existentes no seu ERP (Enterprise Resource Planning).

A aplicação Android está preparada para funcionar desde tablets a smartphones.

Para a implementação às áreas de negócio da SGSV, foram executadas adaptações extra como:

- Interligação Phc (software faturação utilizado)
  - Sincronização automática de novos clientes e equipamentos associados;
- Funcionalidades Extra
  - Alertas para equipamentos com mais de 1 mês sem manutenção ou com número de horas de trabalho que passem do limite previsto;
- Múltiplos *Dashboard's*:
  - Assistência Técnica
  - Manutenção interna
  - Equipamentos disponíveis
  - Possibilidade de associar documentos a cada equipamento

---

#### 7.4.2.2. Back office

- Introdução de pedidos de assistência técnica (colocados por telefone e-mail etc) ou criados como processos decorrentes de planos de assistências programada;
- Calendarização dos eventos de assistência por técnicos;
- Possibilidade de introduzir pedidos tendo como entrada o cliente, o equipamento a assistir ou o técnico;
- Visualização num calendário interativo e com diversas cores o estado de cada obra, cada técnico etc. (agendado pendente, em execução, finalizado);
- Sempre que os status é mudado a cor no planificador de tarefas é alterado;
- Geolocalização: possibilidade de ver todos os técnicos e equipamentos
- Mapa temporal de intervenções por cliente/equipamento/ação;
- Visualização imediata do relatório do técnico após confirmação deste de processo concluído.

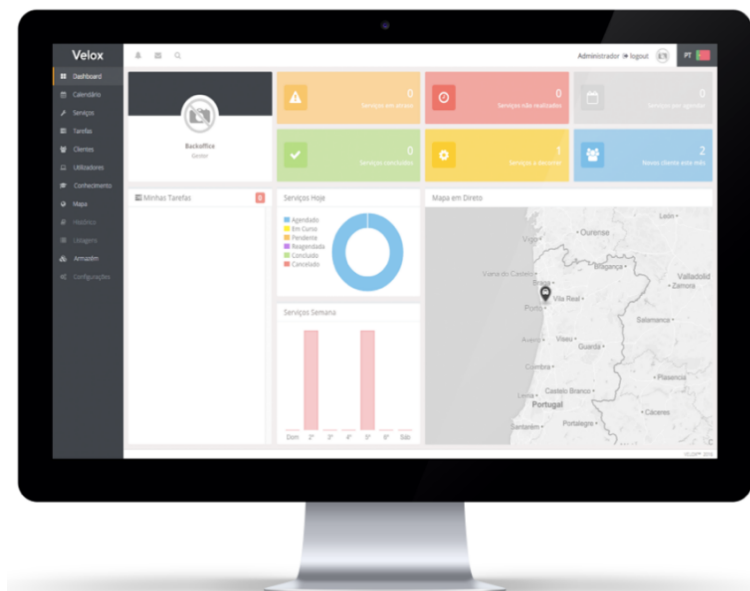


Figura 27 – Ambiente trabalho do *backoffice* (fonte: Feralbyte Software Architects)

#### 7.4.2.3. Aplicação Android (Técnicos)

- Visualização das tarefas agendadas para cada técnico (assistências);
- Informação detalhada acerca do equipamento a ser intervencionado com histórico de soluções e avarias;

- Introdução do relatório da intervenção (este relatório espelha o relatório existente em papel e substitui este último);
- Possibilidade de introdução de peças (cada carro funciona como um armazém) em cada intervenção;
- Possibilidade de introduzir no próprio relatório fotos que documentem algo de anómalo com o equipamento.

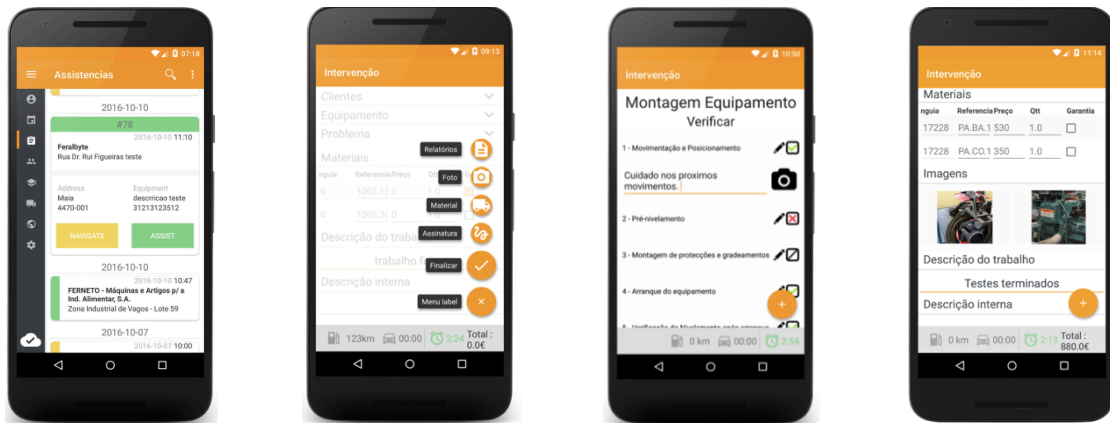


Figura 28 – Ambiente trabalho da aplicação android (fonte: Feralbyte Software Architects)

#### 7.4.2.4. Geolocalização

Esta funcionalidade permite, aceder à localização em tempo real dos equipamentos que têm instalado o sistema GPS, assim como ao número de horas de trabalho. Para o correto funcionamento desta aplicação é necessário ter associado um cartão de dados móveis de um operador de telecomunicações integrado no sistema GPS, deste modo terá uma mensalidade agregada por cada equipamento.

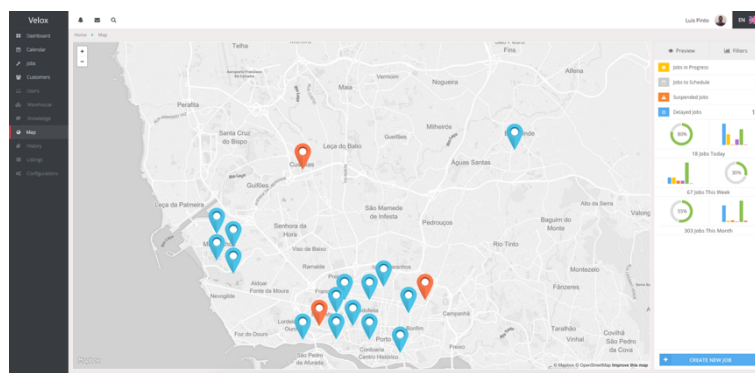


Figura 29 – Ambiente trabalho da função de geolocalização (fonte: Feralbyte Software Architects)

---

Na tabela 10 sintetiza-se o valor do investimento global bruto estimado.

Tabela 10 – Resumo dos custos de implementação do software

Investimento	
Instalação Software	1000 €
Sistema GPS	100 €/ Equipamento
Serviço dados móveis	5 €/ Mês/ Equipamento
Customização extra	750 €
Formação	500 €
Licença Software Velox 2.0	70 €/ Mês
<b>Total</b>	<b>3300 € + 80 €/ Mês</b>

O investimento bruto corresponde ao total de todos os gastos realizados que estejam diretamente ligados a implementação e manutenção do sistema durante o intervalo de tempo que se pretende analisar.

#### 7.4.3. Kpi's

O KPI, tal como o ROI, é uma ferramenta de medição flexível que é moldada para atender a diferentes projetos e negócios. Os KPIs são as métricas primordiais que uma organização seleciona, estabelecendo-os como os números que melhor se alinham com seus objetivos.

A identificação dos KPIs pode ser bastante desafiante, visto que variam de organização para organização, dependendo da sua área de negócios, da sua missão e objetivos de curto prazo e de longo prazo.

A decisão de implementar um sistema autónomo em uma mina deve considerar todos os possíveis impactos, não apenas as operações (Parreira, 2010).

Como referido anteriormente, é importante ler os KPIs de uma maneira adequada, pois nem todos os KPIs provavelmente melhorarão quando o software for introduzido. Por exemplo, quando se olha para as manutenções preventivas, estas serão mais frequentes pois existe um maior controlo do número de horas de serviço dos equipamentos e assim existirá um custo superior em manutenções preventivas.

Para uma análise adequada, visto que nem todos os KPIs melhoram com a implementação do software, deve-se avaliar o efeito combinado de todas mudanças previstas.

Para a definição dos Kpi's foram analisados vários parâmetros, antes e depois da implementação do software, da frota de aluguer da empresa SGSV, Lda, tais como:

Tabela 11 – Valores em Euro para cada Kpi

Valores dos Kpi's	
Manutenções preventiva	Plano custos da manutenção
	Horas                      Custos (€)
	250                              450
	500                              750
	750                              450
	1000                            1600
	3000                            1850
Manutenções curativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Valor total: 600€</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Substituição de peças: 300€</li> <li>○ Mão de obra: 300€</li> </ul> </li> </ul>
Paragens do equipamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Valor total: 300€/ 10 Horas</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Faturação: 30€/ Hora</li> </ul> </li> </ul>
Deslocações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Valor total: 150€</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Valor médio para a distribuição geográfica dos equipamentos</li> </ul> </li> </ul>

#### 7.4.4. Intervalo de tempo

O número de repetições define a quantidade de vezes que se repetiu o acontecimento, Kpi, durante o intervalo de tempo analisado. Por exemplo, para o Kpi “Paragens do equipamento” corresponde ao número de vezes que o equipamento parou por avaria, durante o intervalo de tempo definido. No caso do consumo de combustível, sabendo o consumo Litro/Hora e o custo €/Litro basta apenas extrapolar para o mesmo intervalo de tempo dos restantes.

O número de intervalos de tempo está diretamente correlacionado com o número de repetições.

Tabela 12 – Número de repetições verificadas antes e depois a implementação do software

Repetições intervalo tempo	
Nº Repetições	Nº Repetições
<b>Psf</b>	<b>Pcf</b>
Nsf(unidades)	Ncf(unidades)

Tabela 13 – Intervalo de tempo da análise

Análise
Nº Intervalos tempo
<b>T</b>
Dias/ Meses/ Anos

#### 7.4.5. Retorno Obtido

O retorno obtido (RF) corresponde a todo o lucro ou prejuízo alcançado com a implementação do software durante o intervalo de tempo analisado.

O propósito deste capítulo é compor um modelo de cálculo que permite obter o valor do ROI, que uma empresa poderá obter após a implantação de uma tecnologia. Para o proposto os autores deste trabalho consideram necessário, primeiramente, calcular o retorno obtido.

Tabela 14 –Modelo de cálculo do retorno de cálculo

Descrição	Kpi	Kpisf = Kpi x Psf x T x N		Kpicf = Kpi x Psf x T x N	
		Psf	Kpisf	Pcf	Kpicf
<b>Manutenção Programada</b>					
<b>Manutenção Não Programada</b>					
<b>Paragem Equipamento / Dia</b>					

O custo associado aos Kpi's definidos é obtido através da multiplicação do seu custo unitário pelo o número de vezes que o Kpi se repetiu durante o tempo de análise.

Tabela 15 – Retorno financeiro

Descrição	RF ( $\Delta Kpi$ ) = $Kpif - Kpicf$		
	Kpif	Kpicf	RF
Manutenção Programada			
Manutenção Não Programada			
Paragens Equipamento			

Com ambos os valores de custos identificados, antes e depois da implementação do software (Kpif e Kpicf respetivamente), efetua-se a subtração do valor de custo associado a cada Kpi.

#### 7.4.6. ROI

O algoritmo acima resumido permitiu a criação de um modelo numérico que foi implementado num conjunto de folhas de cálculo em EXCEL. É este modelo em EXCEL que se aplica a um caso concreto no Capítulo seguinte. Apesar de se tratar um caso muito simples permite ilustrar a sua adequabilidade na avaliação das vantagens da implementação das novas tecnologias para gestão de equipamentos de geotecnia no geral, e em particular, nas atividades mineiras.

Tabela 16 – Modelo de cálculo do retorno sobre o investimento

ROI = ( $\sum RF + Investimento$ ) / Investimento	
ROI	%

#### 7.5. Simulações

Os dados apresentados nos subcapítulos seguintes, tratam-se de registos reais que foram recolhidos da frota de aluguer da empresa SGSV, Lda. Os registos compilados são referentes aos dois anos que antecederam à instalação do software Velox 2.0, anos de 2014 e de 2015, o ano de implementação, 2016, assim como o primeiro semestre do presente ano, 2017.

### 7.5.1. Simulação 1

Para esta simulação foca o caso específico do equipamento Atlas Copco XRVS 476 presente na frota de aluguer da SGSV, os valores dos investimentos assim como dos KPI's descritos no capítulo anterior. Na tabela 17 estão descritos todos os valores considerados.

Tabela 17 – Dados da simulação 1

Investimento	
Instalação Software	1000 €
Sistema GPS	100 €/ Equipamento
Serviço dados móveis	5 €/ Mês/ Equipamento
Customização extra	750 €
Formação	500 €
Licença Software Velox 2.0	70 €/ Mês
KPI's – Simulação 1	
Manutenções preventiva	Plano da manutenção (tabela 11)
Manutenções curativas	600 €
Paragens do equipamento	30 €/ Hora
Deslocações	150 €

Nas tabelas 18 e 19 estão expostos os valores registados no equipamento Atlas Copco XRVS 476 para os KPI's definidos.

Tabela 18 – Registo dos KPI's antes da implementação do software

	Compressor Atlas Copco XRVS 476 - Frota SGSV							
	2014				2015			
	Trimeste				Trimeste			
	1º	2º	3ª	4ª	1º	2º	3ª	4ª
Nº manutenções preventivas	1	0	0	1	0	1	0	0
Custo Total Trimestral	450 €	- €	- €	1 200 €	- €	450 €	- €	- €
Nº manutenções curativas	1	0	0	1	1	0	1	0
Nº Horas Paragem	5	0	0	8	3	0	6	0
Deslocações	2	0	0	2	1	1	1	0
<b>LEGENDA</b>	s/ software	c/ software	s/ dados					

Tabela 19 – Registo dos valores dos KPI's depois da implementação do software

	Compressor Atlas Copco XRVS 476 - Frota SGSV							
	2016				2017			
	Trimestre				Trimestre			
	1º	2º	3ª	4ª	1º	2º	3ª	4ª
Nº manutenções preventivas	1	1	0	1	1	0		
Custo Total Trimestral	1 600 €	450 €	- €	750 €	450 €	- €		
Nº manutenções curativas	1	0	0	0	1	0		
Nº Horas Paragem	6	0	0	0	4	0		
Deslocações	2	1	0	1	1	0		
<b>LEGENDA</b>	s/ software	c/ software	s/ dados					

O custo referente às manutenções preventivas é um fator que tem tendência a aumentar com o aumento do número de horas de trabalho, assim como com o natural envelhecimento do equipamento. Sendo irreversível o gradual aumento ao longo dos anos deste KPI, apesar de estar presente nas tabelas de registos, não será contabilizado para a simulação.

Os valores apresentados na tabela 20 têm como base a média dos registos dos KPI's antes oito trimestres antes da implementação do software dos 8 trimestres e os 6 trimestres após a sua implementação.

Tabela 20 – Média dos KPI's (simulação 1)

	Compressor Atlas Copco XRVS 476 - Frota SGSV		
	Antes da Implementação do Software	Depois da Implementação do Software	
	Média	Média	
	Anual	Anual	
Nº manutenções preventivas	0,25	0,75	
Custo Total Trimestral	262,50€	541,67€	
Nº manutenções curativas	0,63	0,33	
Nº Horas Paragem	2,88	1,67	
Deslocações	1,00	0,83	
<b>LEGENDA</b>	s/ software	c/ software	s/ dados

No software de cálculo foram introduzidos os investimentos definidos no capítulo anterior assim como os valores (KPI's) obtidos nas médias resultantes das tabelas 19 e 20. Visto que o investimento efetuado pode ser considerado como um investimento a curto-médio prazo foram efetuadas análises desde o ano zero até ao quinto ano numa frota de equipamentos de um único equipamento e outras de cinco, dez e vinte.

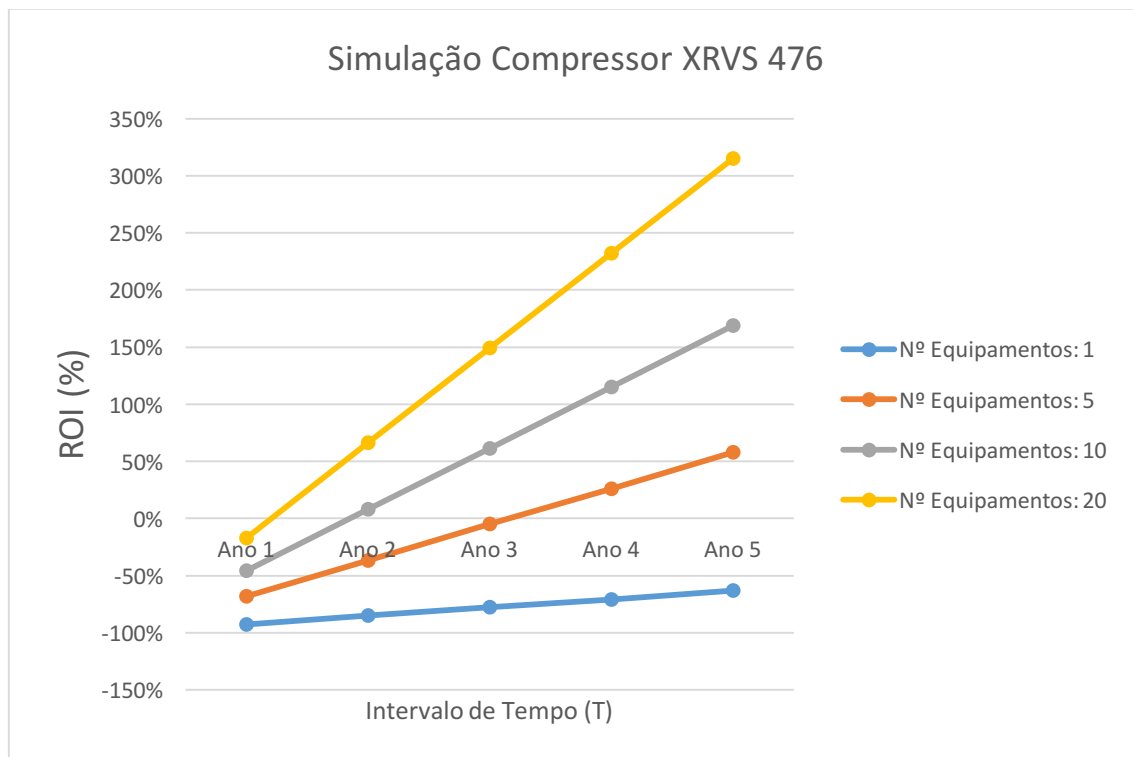




Figura 30 – Valores do ROI para a simulação 1

Segundo os resultados obtidos no software de cálculo é notório um crescimento gradual do retorno financeiro ao longo dos anos. As melhorias obtidas com a instalação do sistema de controlo num equipamento são insuficientes para compensar o investimento inicial necessário. Com o aumento do número de equipamentos agregados ao software o retorno do investimento é obtido mais rapidamente. No caso de um número de equipamentos igual ou superior a vinte é possível conseguir o retorno no primeiro ano, ou seja, no ano de instalação.

Comparando o caso da aplicação em apenas um equipamento no final do quinto ano o retorno sobre o investimento ainda tem o um valor negativo, -63%, enquanto se for aplicado em vinte equipamentos no final do segundo ano já é possível obter um ROI de valor positivo, 66%, ou seja em aproximadamente um ano e meio é possível obter um ROI positivo.

Na Tabela 21 é apresentado o output do modelo para o caso de 5 equipamentos.

Tabela 21 – Retorno do investimento no ano 5 para 5 equipamentos

AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO									
Equipamento: Atlas Copco XRVS 476									
						<b>Dados Técnicos</b>			
						<b>Pressão Trabalho</b>	25	bar	
						<b>Caudal</b>	27,6	m3/min	
						<b>Motor</b>	C13	CAT	
ENQUADRAMENTO									
Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi					
				s/ Invest.	c/ Invest.				
<b>Manutenção Preventiva</b>	0	€	500	262,5	541,7				
<b>Manutenção Curativa</b>	600	€	550	0,625	0,33				
<b>Paragem Equipamento</b>	30	€/H	100	2,88	1,67				
<b>Deslocações</b>	150	€	100	1,00	0,83				
<b>Intervalo de Tempo (T)</b>	5		<b>DADOS</b>	<b>Investimento</b>	2250				
<b>Nº de Equipamentos (N)</b>	5			<b>Licenças / T</b>	840				
				<b>Sistema GPS</b>	100				
				<b>Dados Móveis</b>	30				
CÁLCULO									
	$Kpisf = Kpi \times R(s;c)f \times T \times N$			$RF (\Delta Kpi) = Kpisf - Kpicf$					
Kpi	Kpisf		Kpicf	RF					
<b>Manutenção Preventiva</b>	0		0	0					
<b>Manutenção Curativa</b>	9375		5000	4375					
<b>Paragem Equipamento</b>	2156		1250	906					
<b>Deslocações</b>	3750		3125	625					
RETORNO DE INVESTIMENTO									
Kpi	Retorno Financeiro		Retorno Financeiro Total						
<b>Manutenção Preventiva</b>	- €		5 906 €						
<b>Manutenção Curativa</b>	4 375 €								
<b>Paragem Equipamento</b>	906 €								
<b>Deslocações</b>	625 €								
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ROI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">ROI</td> <td style="text-align: center; background-color: #90EE90;">58%</td> </tr> </tbody> </table>						ROI		ROI	58%
ROI									
ROI	58%								

### 7.5.2. Simulação 2

Na simulação 2 foram recolhidos os registos de todos os compressores, de média e alta pressão, da frota da empresa SGSV nos quais foi instalado o software de gestão e geolocalização. Na tabela 22 estão compiladas todas as paragens, avarias, dos equipamentos em análise.

Para a aplicação do programa de cálculo do ROI os dados tiveram que ser tratados, assim neste caso efetuou-se uma média anual global do número de paragens anuais antes de depois da implementação do software de gestão. Visto que o número de horas de paragens de um equipamento ronda as cinco horas, contabilizando a deslocação de um técnico ao local, a sua reparação e os ensaios finais, assim foi considerado esse valor para a contabilização do número de horas totais anuais de paragens por equipamento.

Tabela 22 – Registo de manutenções curativas dos compressores da frota de aluguer da SGSV

Compressores Atlas Copco - Frota SGSV																	
Número manutenções curativas (paragens) registradas																	
Ano	FROTA	2014				2015				2016				2017			
		1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º
		Tri.	Tri.	Tri.	Tri.	Tri.	Tri.	Tri.	Tri.	Tri.	Tri.	Tri.	Tri.	Tri.	Tri.	Tri.	Tri.
2008	XAMS 287 M01	1	1	0	0	0	2	1	0	0	1	0	1	0	0		
2008	XAHS 347 M01	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
2008	XRVS 476 M01	1	0	0	1	1	0	2	0	1	0	0	0	1	0		
2009	XAHS 347 M04	0	1	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1		
2009	XAHS 347 M05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2009	XAHS 347 M06	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0		
2009	XAMS 407 M02	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1	0	1	1		
2013	XATS 377 M01	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
2013	XAVS 307 M02	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0		
2016	XAVS 186 M01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	0		
2016	XAVS 186 M02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0		
Tempo Médio Paragem	Média	0,38	0,50	0,50	0,25	0,50	0,63	0,75	0,13	0,11	0,18	0,27	0,18	0,27	0,27		

5 Horas	Média	9,06	4,31
	Total Horas Anuais		
Média Total Paragens Anuais		1,81	0,86
<b>LEGENDA</b>	s/ software	c/ software	s/ dados

Nesta simulação, o KPI deslocação foi obtido de maneira diferente, não foi considerado a distribuição normal dos equipamentos. Para a definição deste KPI foram recolhidos os registos dos quilómetros percorridos pelos veículos de assistência da SGSV de 2014 até ao segundo trimestre do ano 2017.

Para a aplicação do modelo de cálculo efetua-se duas médias totais dos trimestres, uma para o período antes da implementação do software e uma outra para os trimestres depois da implementação.

Sendo que a frota total de equipamentos tem cem unidades (o valor real é ligeiramente superior mas por simplicidade considerou-se este número), obtêm-se o valor médio correspondente ao número de quilómetros anuais percorridos por equipamento.

Tabela 23 – Registo dos quilómetros percorridos pelos veículos de assistência

Equip. Totais	Compressores Atlas Copco - Frota SGSV															
100	Quilómetros percorridos pelos veículos assistência															
Veículo	2014				2015				2016				2017			
	1º Tri	2º Tri	3º Tri	4º Tri	1º Tri	2º Tri	3º Tri	4º Tri	1º Tri	2º Tri	3º Tri	4º Tri	1º Tri	2º Tri	3º Tri	4º Tri
	Alfa	6250	8150	5750	4200	7300	6950	10250	8000	6150	8500	5650	7600	7300	7200	
Beta	8300	9500	8100	7600	6100	8200	7700	11500	7500	5550	6900	6800	4850	3200		
Somatório	14550	17650	13850	11800	13400	15150	17950	19500	13650	14050	12550	14400	12150	10400		
Equi. Análise	1455	1765	1385	1180	1340	1515	1795	1950	1365	1405	1255	1440	1215	1040		
1																
Média Total Km	619								515							
<b>LEGENDA</b>	s/ software	c/ software	s/ dados													

Na tabela 23 é possível verificar uma notória diminuição do número de quilómetros totais percorridos pelos veículos de assistência. Esta alteração deve-se não só ao facto de o número de avarias ter diminuído com a implementação do software, mas também ao sistema de geolocalização instalado nos equipamentos. Este sistema permite otimizar as assistências, possibilitando a rápida identificação e localização de equipamentos que estejam a poucos quilómetros entre eles permitindo efetuar várias assistências numa só deslocação.

Para esta simulação os valores dos KPI's, indicados na tabela 24, foram ajustados de forma a corresponderem à realidade da amostra selecionada.

Tabela 24 – Dados da simulação 2

Investimento	
Instalação Software	1000 €
Sistema GPS	100 €/ Equipamento
Serviço dados móveis	5 €/ Mês/ Equipamento
Customização extra	750 €
Formação	500 €
Licença Software Velox 2.0	70 €/ Mês
KPI's – Simulação 2	
Manutenções preventiva	Plano da manutenção (tabela 11)
Manutenções curativas	400 €
Paragens do equipamento	20 €/ Hora
Deslocações	0,5 €/ Km

Os valores das ocorrências, antes de depois da implementação do software, utilizados para o cálculo da simulação 2 estão identificados na tabela 25.

Tabela 25 – Média dos KPI's (simulação 2)

Compressores de Alta e Média Pressão			
Frota SGSV			
Antes da Implementação do Software		Depois da Implementação do Software	
Média		Média	
Anual		Anual	
Nº manutenções curativas	1,81	0,86	
Nº Horas Paragem	9,06	4,31	
Deslocações (Km)	619	515	
<b>LEGENDA</b>	s/ software	c/ software	s/ dados

Paralelamente à simulação 1, também na simulação 2 foram efetuadas análises desde o ano zero até ao quinto ano numa frota de equipamentos de um, cinco, dez e outra de vinte equipamentos.

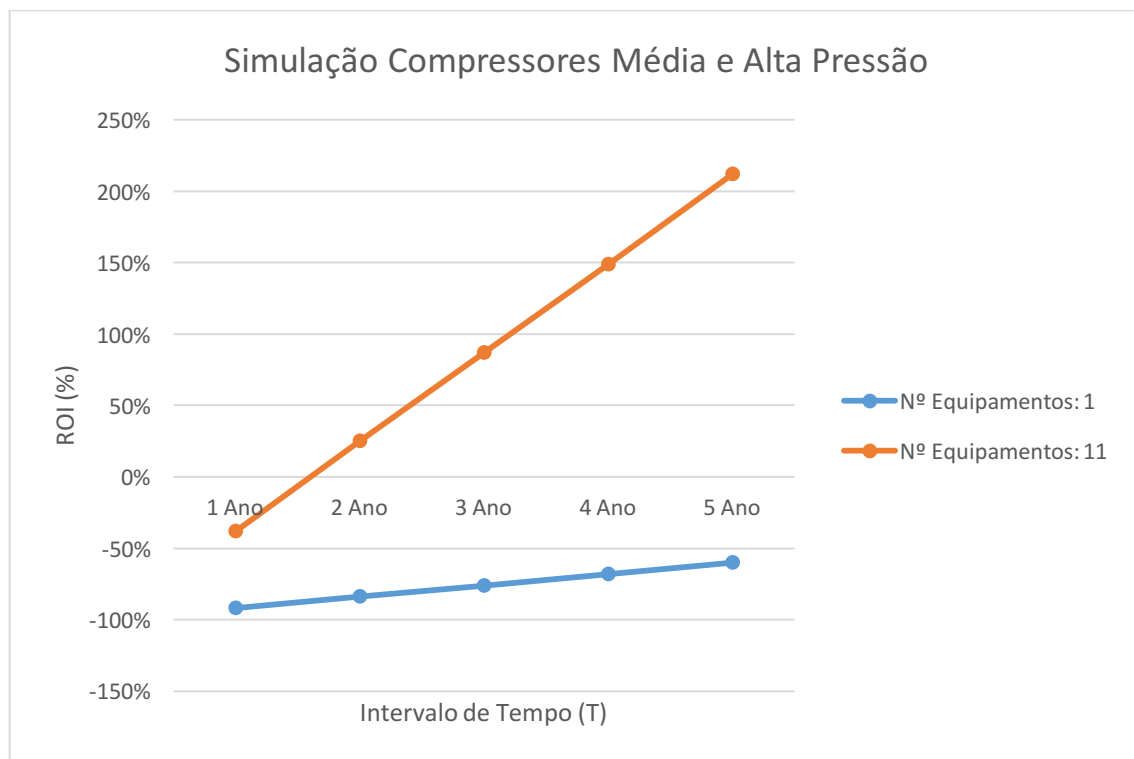


Figura 31 – Valores do ROI para a simulação 2

Os resultados alcançados no software de cálculo são idênticos aos da simulação 1, mantendo o crescimento gradual ao longo dos anos. Neste caso é notório um aumento da inclinação da curva

---

do retorno mais satisfatório quando comparado com a simulação 1, principalmente com o incremento do número de equipamentos agregados.

No caso concreto do ROI, para o número total de equipamentos considerados nos registos (11 equipamentos), é possível obter um ROI de 25% ainda durante o ano de implementação, conseguindo obter um retorno superior ao do investimento inicial.

## **7.6. Considerações finais**

O modelo permite, de uma forma significativamente simples e rápida, entendimento e visualização do ROI numa implantação de software ou tecnologia, com um visual atrativo, prático e de fácil utilização, com a possibilidade de admitir alterar e adicionar os Kpi's, assim como todos os parâmetros de investimento e tempo.

Para a aplicação prática do modelo de cálculo foram efetuadas duas simulações, Simulação 1 e a Simulação 2, uma focalizada para um equipamento em específico e uma outra para o conjunto de equipamentos nos quais foram instalados o sistema de geolocalização e transferência de dados. As grandes diferenças destas duas simulações consistem na recolha de dados, no caso da simulação 1 foi recolhido o histórico de um compressor (Altas Copco XRVS476) enquanto na simulação 2 foram utilizados os históricos de vários equipamentos com características técnicas semelhantes, compressores de alta e média pressão, assim como os registos de quilómetros percorridos pelas viaturas de assistência.

Nos resultados das várias simulações efetuadas na aplicação desenvolvida verificou-se que, para o caso concreto, a implementação de tecnologias de gestão dos equipamentos permite um retorno do investimento satisfatório se o mesmo for aplicado a vários equipamentos, e não apenas a um equipamento como pode ser constatado por meio dos resultados qualitativos.

Segundo as simulações efetuadas conclui-se que esta tecnologia for aplicada apenas num equipamento o retorno do investimento não é obtido mesmo num período de 5 anos, período que se considera limite para este tipo de recurso. Efetivamente tratando-se a ferramenta de um software o retorno terá que ser mais célere pois como qualquer outro software está sujeito a atualizações, significando novos investimentos.

As simulações realizadas revelam, para o caso concreto de compressores de alta e média pressão, o número mínimo de equipamentos em que deverá ser instalado o software de gestão para obter um retorno ainda durante o ano de implementação do mesmo deverá ser igual ou superior a dez. Se os cálculos tivessem sido feitos manualmente em vez de usar o modelo de cálculo proposto, as simulações levariam muito tempo e principalmente para os casos que são necessárias testar

---

diferentes Kpi's e estratégias. Por outro lado, apesar de ter sido desenvolvido para calcular o ROI para o caso real de estudo na empresa SGSV, devido a sua polivalência pode ser adaptado para outras indústrias como automóvel, naval aérea, etc.

---

## 8. Conclusões e desenvolvimentos futuros

Durante o estudo efetuado em vários procedimentos da empresa SGSV, além da notória melhoria dos Kpi's como se verificou nas simulações efetuadas foram evidentes diversos pontos fortes após a implementação, que apesar difíceis de mensurar devido à natureza, nomeadamente na maior fluidez do fluxo de informação, na maior autonomia dos quadros operacionais, na facilidade de acesso aos registos e conseqüentemente uma melhoria na comunicação entre as hierarquias e na capacidade de resposta.

Todos compreendemos o significado da expressão “tempo é dinheiro”, sempre que desperdiçamos tempo, perdemos a oportunidade de utilizá-lo para efetuar algo que acrescente valor. Assim, podemos concluir que a otimização das tarefas é efetivamente um dos maiores fatores que podem resultar no retorno financeiro.

Apesar de diversas vantagens já referidas do uso de um conjunto de KPI's para a avaliação do retorno financeiro de um determinado investimento, este método apresenta algumas limitações, dado que apenas analisa os indicadores selecionados o que impossibilita a avaliação do seu impacto global na organização, devido à dificuldade de obter todos os indicadores que identifiquem a realidade global da empresa. As limitações também estão interligadas com os princípios de cálculo do ROI que apenas permite analisar fatores classificáveis como custos ou rendimentos, ou seja, apenas fatores economicamente mensuráveis e nem todos os benefícios associados à implementação de uma tecnologia se refletem em cifrões.

Após a finalização do projeto conclui-se que existem inúmeras possibilidades de efetuar novas análises, interagindo com mais Kpi's e poder-se-ão desenvolver novos estudos:

- aplicar o modelo noutros equipamentos;
- aplicar o modelo noutras tecnologias e investimentos;
- controlar remotamente os parâmetros principais do equipamento, com a finalidade de prever avarias antes que estas ocorram;
- analisar as variações de consumo de combustível do equipamento;
- adaptar a aplicação para outros suportes, nomeadamente, para efetuar interligação com o software de faturação da empresa.

---

## 9. Bibliografia

Alarcão, J. (1980), O problema da origem e da sobrevivência dos Villae do norte de Portugal. Actas do Seminário de Arqueologia do NW peninsular, vol. III, Guimarães.

Alexei Botchkarev & Peter Andru (Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management Volume 6, 2011). A Return on Investment as a Metric for Evaluating Information Systems: Taxonomy and Application.

Ali Somarin (2014). Is Automation the Future of Mining?.

Alsyouf, I. (2007), The role of maintenance in improving companies' productivity and profitability. International Journal of Production Economics.

American Petroleum Institute (2002), Production Dept Recommended Practice for Procedures for Inspections, Maintenance, Repair and Remanufacture of Hoisting Equipment, Seventh Edition.

American Petroleum Institute. Production Dept (2002). API Recommended Practice, Volume 8, Parte 2.

An Venture Consultants Pty Ltd (2014). Component Automation in the Australian Mining Industry - A Supplementary Report to Rise of the Machines?

Anna L. Matysek and Brian S. Fisher (2016). Productivity and Innovation in the Mining Industry

Atlas Copco (2012). Instruction Manual for Portable Compressors - XRHS 506 Cd - XRHS 1100 CD6 Engine CAT C13 Tier 3 XRVS 476 Cd - XRVS 1000 CD6.

Atlas Copco Portable Air compressor (2006), XRVS 336 XRVS 476.

Bellamy, D. and Pravica, L. (2011), 'Assessing the impact of driverless haul trucks in Australian surface mining', Resources Policy, 36(2), p. 149-58.

Brian S. Fisher and Sabine Schnittger (2012). Autonomous and Remote Operation Technologies in the Mining Industry.

Campbell, J. D. and Reyes-Picknell, J. V. (2006) Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance Management (2nd edition).

Canadian Mining Journal (2015), AUTOMATION: Autonomous fleet performs 12% better than manned fleet.

Caterpillar (2007). C11 and C13 Industrial Engines Maintenance Intervals.

CEDA – the Committee for Economic Development of Australia (2015). Australia's future workforce?

Charles Darwin (1859), On the Origin of Species.

Chris Calam (2015) Mining Automation: What Does the Future Hold?.

---

Connolly, E. and Orsmond D. (2011), 'The mining industry: from bust to boom', for the Reserve Bank of Australia Conference on 'Australia in the 2000s'.

CSIRO Earthmatters Issue 19 (Mar/April 2009), Automating the Mine.

Danellie Lynas\* and Tim Horberry (2011). Human Factor Issues with Automated Mining Equipment

Danielle Bertagnolli & Felipe Rizzoto & Maira Angélica Dal Conte Tonial (2011). As relações de trabalho e a automação industrial: reflexões sobre os aspectos históricos, econômicos, conceituais e sociais p. 132-150

Douglas C. White, Emerson Process Management. Calculating ROI for Automation Projects

Eduardo M Nebot. Surface Mining: Main Research issues for Autonomous Operations.

Erik Sjödin (2015). Evaluation of Mining Automation with Production Simulation.

Euclides da Conceição Pereira Batalha (2012). Aircraft Engines Maintenance Costs and Reliability - An Appraisal of the Decision Process to Remove an Engine for a Shop Visit Aiming at Minimum Maintenance Unit Cost.

GROOVER, M. P. (2001), Automation Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing. New Jersey. Prentice – Hall.

Gustav Fredriksson Hanna larsson (2012). An analysis of maintenance strategies and development of a model for strategy formulation – A case study

Gustav Fredriksson, Hanna larsson (2012). An analysis of maintenance strategies and development of a model for strategy formulation – A case study.

Herbert Spencer (1864), Principles of Biology.

Horberry T, Burgess-Limerick R, Steiner L. (New York: CRC Press 2010), Human factors for the design, operation, and maintenance of mining equipment.

IMAM Consultoria - Tel.: (11) 5575-1400 - Revista intraLOGÍSTICA. A sobrevivência dos mais aptos.

Instituto Geológico e Mineiro (1999). Regras de Boa Prática no Desmonte a Céu Aberto.

Interdisciplinary Journal of Information (2011), Knowledge, and Management Volume 6.

International Federation of Robotics (2015), Industrial Robot Statistics.

ISO 20815:2008, Petroleum, petrochemical and natural gas industries -- Production assurance and reliability management.

João Pedro Cunha Pinheiro (2011). Indicadores-chave de Desempenho (Key Performance Indicators) aplicados à construção.

John A. Meech. Autonomous Haulage Trucks – the new way to mine

---

John Dixon Campbell & James V. Reyes-Picknell (2006), *Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance Management*, Second Edition.

Jonathan Sutherland, Diane Canwell (2004). *Key Concepts in Accounting and Finance*.

Juan F Gómez Fernández, Adolfo Crespo Márquez (2012), *Maintenance Management in Network Utilities: Framework and Practical Implementation*.

Juliana Parreira (2013). *An Interactive Simulation Model to Compare an Autonomous Haulage Truck System with a Manually-Operated System*.

Juliana Parreira and John Meech (2011). *Simulation of Autonomous Mine Haulage Trucks*.

Juliana parreira, john meech (2010), *Autonomous vs manual haulage trucks - how mine simulation contributes to future haulage system developments*.

Juliana Parreira, John Meech (2012). *Simulation of an Open Pit Mine to Study Autonomous Haulage Trucks*.

Karl Westerlind (2004). *Evaluating Return On Information Technology Investment*.

Kathryn Diss (2015). *Driverless trucks move all iron ore at Rio Tinto's Pilbara mines, in world first*.

Kathryn Diss (Outubro 2015) *Driverless trucks move all iron ore at Rio Tinto's Pilbara mines, in world first*.

Keith Haddock (2002). *The Earthmover Encyclopedia*.

Kister T.C. and Hawkins B. (2006), *Maintenance Planning and Scheduling Handbook*

Konyukh V. (2002), *Robotics for Mining*.

Lásara Fabrícia Rodrigues (2006). *Análise comparativa de metodologias utilizadas no despacho de caminhões em minas a céu aberto*.

Lindsey Cook, (2016). *This Chart Tells You When the Robots Will Come For Your Job*.

Lindsey Cook, 2016. *"This Chart Tells You When the Robots Will Come For Your Job*.

Lorenzo Borracci (2005). *A Return on Investment Model for Software Configuration Management*.

Lynas, D., & Horberry, T. (2010). *Exploring the Human Factors Challenges of Automated Mining Equipment*. Baulkham Hills, N.S.W.: Human Factors and Ergonomics Society of Australia.

Mishan, E.J. (1975), *Cost-Benefit Analysis: An Informal Introduction*, George Allen & Unwin Ltd, London.

Mobley, K.R. (2004) *Maintenance Fundamentals* (2nd edition). Elsevier Inc.

Mottola, L., Holmes, S., (2009). *Considering a people strategy at enable the successful deployment of process and technology*. Society for Mining, Metallurgy, & Exploration.

Mulugeta Asaye Adale (2009). *Evaluation of Maintenance Management Through Benchmarking in Geothermal Power Plants*.

---

Nagaiyar Krishnamurthy & Chiranjib Kumar Gupta (2016), Extractive Metallurgy of Rare Earths, Second Edition.

Nicolas Di Boscio (2010). Mining Enterprises and Regional Economic Development: An Exploratory Analysis of the Sustainable Development Model.

Noort D. and McCarthy, P. (2008), 'The critical path to automated underground mining', paper presented at The First International Future Mining Conference, Sydney November.

Nurnihal Fjellström (2011). Simulation of an Underground Haulage System, Renström Mine, Boliden Mineral.

Obamwonyi Martyn Enofe & Gregory Aimienrovbiye, Maintenance impact on Production Profitability.

Orlando Gomes (2006). As TIC e a Produtividade: Desmistificação de um Paradoxo, Revista de Ciências da Computação, Volume I, Ano I, 2006, Nº 1.

Oskam (2014). Optimizing diesel engine condition monitoring.

Parasuraman, R. and Riley, V. (1997), 'Humans and automation: use, misuse, disuse, abuse', The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 39(2).

Parreira, J., Meech, J. (2010) Autonomous vs. manual haulage trucks - how mine simulation contributes to future haulage system developments. Canadian Institute of Mining (CIM) Conference and Exhibition, Vancouver, Canada, May 09.

Parreira, J., Meech, J. (2012) Simulation of human drivers to study an autonomous haulage truck system. Automining-2012, 3rd International Congress on Automation in the Mining Industry.

Parreira, J., Meech, J., Mullard, Z. (2009) How automation and key performance indicators (kpi) contribute to sustainable development in the mining industry. 2nd Intern. Conf. on Multinational Enterprises and Sustainable Development.

Peterson, D.J., LaTourrette, T. and Bartis, J.T. (2001), 'New forces at work in mining: industry views of critical technologies', RAND Science and Technology Policy Institute.

Poole, R., (1999). Loud-haul-dump machine automation at Inco's Ontario division. Montreal: McGill University, Department of Mining and Metallurgical Engineering.

R Keith Mobley (2004). Maintenance Fundamentals 2nd Edition.

Rachel Cooper, Ghassan Aouad, Angela Lee, Song Wu, Andrew Fleming, Michail Kagioglou (2005). Process Management in Design and Construction.

Richard A. Swanson, Elwood F. Holton (2001), Foundations of Human Resource Development.

Richardson Viana Agra (2014). Aplicação do modelo PDCA 90-10 na gestão de ativos de minas a céu aberto.

---

Rio Tinto (2014). Next-generation mining: People and technology working together.

Rio Tinto Annual report (2014). Delivering sustainable shareholder returns

Rio Tinto Annual report (2015).

Rio Tinto Strategic report (2015).

Scott Brundrett, P.Eng. Bachelor (2003). Industry Analysis of Autonomous Mine Maul Truck Commercialization.

Sérgio Minas Melconian (1 Abril, 2016), Estratégias para a Automação de Processos Industriais.

Sérgio Minas Melconian (2016. Estratégias para a Automação de Processos Industriais.

Sink, S. & Tuttle, C. (1993). Planejamento e medição para performance. Qualitymark, Rio de Janeiro.

Smith, Rebecca Ann (2013) Human rights and Australian extractive industries in Australia and the Asia-Pacific region: a case study of Rio Tinto's adherence to the construct of corporate social responsibility.

Solow, R. (1987) We'd better watch out. New York Times Book Review (July 12).

Swanson L. (2001) Linking maintenance strategies to performance. International Journal of Production Economics, vol. 70.

Taisa Cordeiro Paduam, José Augusto Fabri, e Alexandre L'Erario (2015). Modelo para Calcular o Retorno sobre Investimento após a Implantação de Software, Revista de Sistemas de Informação da FSMA n. 15 (2015) pp. 40-51.

Thomas B. Sheridan (2002), Humans and Automation: System Design and Research Issues.

Uday Kumar & Diego Galar Pascual (2016). Maintenance Audits Handbook: A Performance Measurement.

Vijay Sikka (2005), Maximizing ROI on Software Development.

Vijay Sikka (2014), Maximizing ROI on Software Development.

Waeyenbergh, G. and Pintelon, L. (2002) A framework for maintenance concept development. International Journal of Production Economics, vol. 77.

Zoschke, L. and Jackson, M., (2000). Experiences to date with unmanned haul trucks in open pit mines. Proceedings 13th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GPS 2000), Sept. 19 - 22, Salt Lake City, UT, A3, 1056-1060.

---

**Sites visitados:**

*www.atlascopco.com (Março de 2017)*

*www.cat.com (Janeiro de 2017)*

*www.ceda.com.au (Março de 2017)*

*www.deere.com (Janeiro de 2017)*

*www.feralbyte.com (Agosto de 2017)*

*www.investopedia.com (Agosto 2017)*

*www.komatsu.eu/en (Janeiro de 2017)*

*www.lneg.pt (Dezembro de 2016)*

*www.miningiq.com (Março de 2017)*

*www.mining-technology.com (Janeiro de 2017)*

*www.mining.sandvik.com (Janeiro de 2017)*

*www.riotinto.com (Fevereiro de 2017)*

*www.soilmec.com (Janeiro de 2017)*

*www.thewest.com.au/ - The West Australian (Março de 2017)*

*www.vermeer.com (Janeiro de 2017)*

## **10.Anexos**



- I. Software de cálculo do ROI
- II. Simulações Caso 1
- III. Simulações Caso 2
- IV. Dados Caso 1
- V. Dados Caso 2

## Anexo I. - Software de cálculo do ROI

AVALIAÇÃO DO RETORNO DE INVESTIMENTO									
<b>Equipamento:</b>									
<b>Equipamento</b>	Dados Técnicos								
ENQUADRAMENTO									
Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi					
				s/ Invest.	c/ Invest.				
Kpi 1		Uni							
Kpi 2		Uni							
Kpi 3		Uni							
Kpi 4		Uni							
Intervalo de Tempo (T)			<b>DADOS</b>	Investimento					
Nº de Equipamentos (N)				Licenças					
				Outros Inves					
				Outros Inves					
CÁLCULO									
	$Kpisf = Kpi \times R(s;c)f \times T \times N$			$RF (\Delta Kpi) = Kpisf - Kpicf$					
Kpi	Kpisf		Kpicf	RF					
Kpi 1									
Kpi 2									
Kpi 3									
Kpi 4									
RETORNO DE INVESTIMENTO									
Kpi	Retorno Financeiro		Retorno Financeiro Total						
Kpi 1									
Kpi 2									
Kpi 3									
Kpi 4									
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #004a87; color: white;"> <th colspan="2" style="text-align: center;">ROI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">ROI</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						ROI		ROI	
ROI									
ROI									

## Anexo II. – Simulações Caso 1

Nº Equipamentos: 1 Unidade

AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO					
Equipamento: Atlas Copco XRVS 476					
		<b>Dados Técnicos</b>			
		Pressão Trabalho	25	bar	
		Caudal	27,6	m3/min	
		Motor	C13	CAT	
ENQUADRAMENTO					
Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83
Intervalo de Tempo (T)	1		<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	1			Licenças / T	840
				Sistema GPS	100
				Dados Móveis	30
CÁLCULO					
	$Kpisf = Kpi \times R(s;c)f \times T \times N$			$RF (\Delta Kpi) = Kpisf - Kpicf$	
Kpi	Kpisf	Kpicf	RF		
Manutenção Preventiva	0	0	0		
Manutenção Curativa	375	200	175		
Paragem Equipamento	86	50	36		
Deslocações	150	125	25		
RETORNO DE INVESTIMENTO					
Kpi	Retorno Financeiro		Retorno Financeiro Total		
Manutenção Preventiva	- €		236 €		
Manutenção Curativa	175 €				
Paragem Equipamento	36 €				
Deslocações	25 €				
<b>ROI</b>					
ROI		-93%			

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	2
Nº de Equipamentos (N)	1

### DADOS

Investimento	2250
Licenças / T	840
Sistema GPS	100
Dados Móveis	30

### CÁLCULO

Kpi	Kp <sub>isf</sub> = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kp <sub>isf</sub> - Kp <sub>icf</sub>	
	Kp <sub>isf</sub>	Kp <sub>icf</sub>	RF	
Manutenção Preventiva	0	0	0	
Manutenção Curativa	750	400	350	
Paragem Equipamento	173	100	73	
Deslocações	300	250	50	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	473 €
Manutenção Curativa	350 €	
Paragem Equipamento	73 €	
Deslocações	50 €	

### ROI

ROI	-85%
-----	------

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	3
Nº de Equipamentos (N)	1

### DADOS

Investimento	2250
Licenças / T	840
Sistema GPS	100
Dados Móveis	30

### CÁLCULO

	Kpif = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kpif - Kpicf	
Kpi	Kpif	Kpicf	RF	
Manutenção Preventiva	0	0	0	
Manutenção Curativa	1125	600	525	
Paragem Equipamento	259	150	109	
Deslocações	450	375	75	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	709 €
Manutenção Curativa	525 €	
Paragem Equipamento	109 €	
Deslocações	75 €	

### ROI

ROI	-78%
-----	------

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	4
Nº de Equipamentos (N)	1

### DADOS

Investimento	2250
Licenças / T	840
Sistema GPS	100
Dados Móveis	30

### CÁLCULO

Kpi	Kpisf = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kpisf - Kpicf	
	Kpisf	Kpicf	RF	
Manutenção Preventiva	0	0	0	
Manutenção Curativa	1500	800	700	
Paragem Equipamento	345	200	145	
Deslocações	600	500	100	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	945 €
Manutenção Curativa	700 €	
Paragem Equipamento	145 €	
Deslocações	100 €	

### ROI

ROI	-71%
-----	------

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	5	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	1		Licenças / T	840
			Sistema GPS	100
			Dados Móveis	30

### CÁLCULO

	Kpif = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kpif - Kpicf
Kpi	Kpif	Kpicf	RF
Manutenção Preventiva	0	0	0
Manutenção Curativa	1875	1000	875
Paragem Equipamento	431	250	181
Deslocações	750	625	125



### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	1 181 €
Manutenção Curativa	875 €	
Paragem Equipamento	181 €	
Deslocações	125 €	

### ROI

ROI	-63%
-----	------

Nº Equipamentos: 5 Unidades

AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO									
Equipamento: Atlas Copco XRVS 476									
									
			Dados Técnicos						
			Pressão Trabalho	25	bar				
			Caudal	27,6	m3/min				
Motor	C13	CAT							
ENQUADRAMENTO									
Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi					
				s/ Invest.	c/ Invest.				
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7				
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33				
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67				
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83				
Intervalo de Tempo (T)	1		DADOS	Investimento	2250				
Nº de Equipamentos (N)	5			Licenças / T	840				
				Sistema GPS	100				
				Dados Móveis	30				
CÁLCULO									
	$Kp_{isf} = Kpi \times R(s;c)f \times T \times N$			$RF (\Delta Kpi) = Kp_{isf} - Kp_{icf}$					
Kpi	Kp <sub>isf</sub>	Kp <sub>icf</sub>	RF						
Manutenção Preventiva	0	0	0						
Manutenção Curativa	1875	1000	875						
Paragem Equipamento	431	250	181						
Deslocações	750	625	125						
RETORNO DE INVESTIMENTO									
Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total							
Manutenção Preventiva	- €	1 181 €							
Manutenção Curativa	875 €								
Paragem Equipamento	181 €								
Deslocações	125 €								
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ROI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ROI</td> <td style="background-color: #f08080;">-68%</td> </tr> </tbody> </table>						ROI		ROI	-68%
ROI									
ROI	-68%								

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	2	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	5		Licenças / T	840
			Sistema GPS	100
			Dados Móveis	30

### CÁLCULO

	Kpif = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kpif - Kpicf
Kpi	Kpif	Kpicf	RF
Manutenção Preventiva	0	0	0
Manutenção Curativa	3750	2000	1750
Paragem Equipamento	863	500	363
Deslocações	1500	1250	250

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	2 363 €
Manutenção Curativa	1 750 €	
Paragem Equipamento	363 €	
Deslocações	250 €	

### ROI

ROI	-37%
-----	------

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	3
Nº de Equipamentos (N)	5

### DADOS

Investimento	2250
Licenças / T	840
Sistema GPS	100
Dados Móveis	30

### CÁLCULO

Kpi	Kp <sub>isf</sub> = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kp <sub>isf</sub> - Kp <sub>icf</sub>	
	Kp <sub>isf</sub>	Kp <sub>icf</sub>	RF	
Manutenção Preventiva	0	0	0	
Manutenção Curativa	5625	3000	2625	
Paragem Equipamento	1294	750	544	
Deslocações	2250	1875	375	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	3 544 €
Manutenção Curativa	2 625 €	
Paragem Equipamento	544 €	
Deslocações	375 €	

### ROI

ROI	-5%
-----	-----

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	4	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	5		Licenças / T	840
			Sistema GPS	100
			Dados Móveis	30

### CÁLCULO

	Kpif = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kpif - Kpicf
Kpi	Kpif	Kpicf	RF
Manutenção Preventiva	0	0	0
Manutenção Curativa	7500	4000	3500
Paragem Equipamento	1725	1000	725
Deslocações	3000	2500	500

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	4 725 €
Manutenção Curativa	3 500 €	
Paragem Equipamento	725 €	
Deslocações	500 €	

ROI	
ROI	26%

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	5	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	5		Licenças / T	840
			Sistema GPS	100
			Dados Móveis	30

### CÁLCULO



Kpi	Kp <sub>isf</sub> = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kp <sub>isf</sub> - Kp <sub>icf</sub>	
	Kp <sub>isf</sub>	Kp <sub>icf</sub>	RF	
Manutenção Preventiva	0	0	0	
Manutenção Curativa	9375	5000	4375	
Paragem Equipamento	2156	1250	906	
Deslocações	3750	3125	625	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	5 906 €
Manutenção Curativa	4 375 €	
Paragem Equipamento	906 €	
Deslocações	625 €	

ROI	
ROI	58%

Nº Equipamentos: 10 Unidades

AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO									
Equipamento: Atlas Copco XRVS 476									
	Dados Técnicos								
	Pressão Trabalho	25		bar					
	Caudal	27,6		m3/min					
	Motor	C13		CAT					
ENQUADRAMENTO									
Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi					
				s/ Invest.	c/ Invest.				
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7				
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33				
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67				
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83				
Intervalo de Tempo (T)	1		DADOS	Investimento	2250				
Nº de Equipamentos (N)	10			Licenças / T	840				
				Sistema GPS	100				
				Dados Móveis	30				
CÁLCULO									
	Kpif = Kpi x R(s;c)f x T x N			RF (ΔKpi) = Kpif - Kpicf					
Kpi	Kpif	Kpicf	RF						
Manutenção Preventiva	0	0	0						
Manutenção Curativa	3750	2000	1750						
Paragem Equipamento	863	500	363						
Deslocações	1500	1250	250						
RETORNO DE INVESTIMENTO									
Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total							
Manutenção Preventiva	- €	align="center">2 363 €							
Manutenção Curativa	1 750 €								
Paragem Equipamento	363 €								
Deslocações	250 €								
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ROI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ROI</td> <td align="center">-46%</td> </tr> </tbody> </table>						ROI		ROI	-46%
ROI									
ROI	-46%								

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	2
Nº de Equipamentos (N)	10

### DADOS

Investimento	2250
Licenças / T	840
Sistema GPS	100
Dados Móveis	30

### CÁLCULO

Kpi	Kp <sub>isf</sub> = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kp <sub>isf</sub> - Kp <sub>icf</sub>	
	Kp <sub>isf</sub>	Kp <sub>icf</sub>	RF	
Manutenção Preventiva	0	0	0	
Manutenção Curativa	7500	4000	3500	
Paragem Equipamento	1725	1000	725	
Deslocações	3000	2500	500	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	4 725 €
Manutenção Curativa	3 500 €	
Paragem Equipamento	725 €	
Deslocações	500 €	

### ROI

ROI	8%
-----	----

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	3	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	10		Licenças / T	840
			Sistema GPS	100
			Dados Móveis	30

### CÁLCULO

	Kpif = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kpif - Kpicf
Kpi	Kpif	Kpicf	RF
Manutenção Preventiva	0	0	0
Manutenção Curativa	11250	6000	5250
Paragem Equipamento	2588	1500	1088
Deslocações	4500	3750	750

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	7 088 €
Manutenção Curativa	5 250 €	
Paragem Equipamento	1 088 €	
Deslocações	750 €	

### ROI

ROI	61%
-----	-----

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	4
Nº de Equipamentos (N)	10

### DADOS

Investimento	2250
Licenças / T	840
Sistema GPS	100
Dados Móveis	30

### CÁLCULO

Kpi	Kp <sub>isf</sub> = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kp <sub>isf</sub> - Kp <sub>icf</sub>	
	Kp <sub>isf</sub>	Kp <sub>icf</sub>	RF	
Manutenção Preventiva	0	0	0	
Manutenção Curativa	15000	8000	7000	
Paragem Equipamento	3450	2000	1450	
Deslocações	6000	5000	1000	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	9 450 €
Manutenção Curativa	7 000 €	
Paragem Equipamento	1 450 €	
Deslocações	1 000 €	

### ROI

ROI	115%
-----	------

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	5	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	10		Licenças / T	840
			Sistema GPS	100
			Dados Móveis	30

### CÁLCULO

	Kpif = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kpif - Kpicf
Kpi	Kpif	Kpicf	RF
Manutenção Preventiva	0	0	0
Manutenção Curativa	18750	10000	8750
Paragem Equipamento	4313	2500	1813
Deslocações	7500	6250	1250


### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	11 813 €
Manutenção Curativa	8 750 €	
Paragem Equipamento	1 813 €	
Deslocações	1 250 €	

### ROI

ROI	169%
-----	------

Nº Equipamentos: 20 Unidades

AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO									
Equipamento: Atlas Copco XRVS 476									
		<b>Dados Técnicos</b>							
		Pressão Trabalho	25	bar					
		Caudal	27,6	m3/min					
		Motor	C13	CAT					
<b>ENQUADRAMENTO</b>									
Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi					
				s/ Invest.	c/ Invest.				
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7				
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33				
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67				
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83				
Intervalo de Tempo (T)	1		<b>DADOS</b>	Investimento	2250				
Nº de Equipamentos (N)	20			Licenças / T	840				
				Sistema GPS	100				
				Dados Móveis	30				
<b>CÁLCULO</b>									
	$Kp_{isf} = Kpi \times R(s;c)f \times T \times N$			$RF (\Delta Kpi) = Kp_{isf} - Kp_{icf}$					
Kpi	Kp <sub>isf</sub>		Kp <sub>icf</sub>	RF					
Manutenção Preventiva	0		0	0					
Manutenção Curativa	7500		4000	3500					
Paragem Equipamento	1725		1000	725					
Deslocações	3000		2500	500					
<b>RETORNO DE INVESTIMENTO</b>									
Kpi	Retorno Financeiro		Retorno Financeiro Total						
Manutenção Preventiva	- €		4 725 €						
Manutenção Curativa	3 500 €								
Paragem Equipamento	725 €								
Deslocações	500 €								
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ROI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ROI</td> <td style="background-color: #f08080;">-17%</td> </tr> </tbody> </table>						ROI		ROI	-17%
ROI									
ROI	-17%								

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	2	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	20		Licenças / T	840
			Sistema GPS	100
			Dados Móveis	30

### CÁLCULO

	Kpif = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kpif - Kpicf
Kpi	Kpif	Kpicf	RF
Manutenção Preventiva	0	0	0
Manutenção Curativa	15000	8000	7000
Paragem Equipamento	3450	2000	1450
Deslocações	6000	5000	1000

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	9 450 €
Manutenção Curativa	7 000 €	
Paragem Equipamento	1 450 €	
Deslocações	1 000 €	

### ROI

ROI	66%
-----	-----

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	3
Nº de Equipamentos (N)	20

### DADOS

Investimento	2250
Licenças / T	840
Sistema GPS	100
Dados Móveis	30

### CÁLCULO

Kpi	Kp <sub>isf</sub> = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kp <sub>isf</sub> - Kp <sub>icf</sub>	
	Kp <sub>isf</sub>	Kp <sub>icf</sub>	RF	
Manutenção Preventiva	0	0	0	
Manutenção Curativa	22500	12000	10500	
Paragem Equipamento	5175	3000	2175	
Deslocações	9000	7500	1500	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	14 175 €
Manutenção Curativa	10 500 €	
Paragem Equipamento	2 175 €	
Deslocações	1 500 €	

### ROI

ROI	149%
-----	------

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	4	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	20		Licenças / T	840
			Sistema GPS	100
			Dados Móveis	30

### CÁLCULO

	Kpif = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kpif - Kpicf
Kpi	Kpif	Kpicf	RF
Manutenção Preventiva	0	0	0
Manutenção Curativa	30000	16000	14000
Paragem Equipamento	6900	4000	2900
Deslocações	12000	10000	2000

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	18 900 €
Manutenção Curativa	14 000 €	
Paragem Equipamento	2 900 €	
Deslocações	2 000 €	

### ROI

ROI	232%
-----	------

## AVALIAÇÃO DO RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Equipamento: Atlas Copco XRVS 476




### Dados Técnicos

Pressão Trabalho	25	bar
Caudal	27,6	m3/min
Motor	C13	CAT

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	600	€	550	0,625	0,33
Paragem Equipamento	30	€/H	100	2,88	1,67
Deslocações	150	€	100	1,00	0,83

Intervalo de Tempo (T)	5	DADOS	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	20		Licenças / T	840
			Sistema GPS	100
			Dados Móveis	30

### CÁLCULO

Kpi	Kp <sub>isf</sub> = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kp <sub>isf</sub> - Kp <sub>icf</sub>	
	Kp <sub>isf</sub>	Kp <sub>icf</sub>	RF	
Manutenção Preventiva	0	0	0	
Manutenção Curativa	37500	20000	17500	
Paragem Equipamento	8625	5000	3625	
Deslocações	15000	12500	2500	



### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	23 625 €
Manutenção Curativa	17 500 €	
Paragem Equipamento	3 625 €	
Deslocações	2 500 €	

ROI	
ROI	315%

## Anexo III. – Simulações Caso 2

Nº Equipamentos: 1 Unidade

AVALIAÇÃO DO RETORNO DE INVESTIMENTO					
Equipamento: Compressores Atlas Copco Média e Alta Pressão					
		Dados Técnicos			
		Pressão Trabalho	10 - 25	bar	
		Caudal	11 - 27,6	m3/min	
		Motor	6.6 - C13 - 4045HFC04	CAT - JD	
ENQUADRAMENTO					
Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	400	€	550	0,44	0,22
Paragem Equipamento	25	€/ H	100	9,06	4,41
Deslocações	0,5	€/ Km	0,5	619,00	515,00
Intervalo de Tempo (T)		1	DADOS	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)		1		Licenças / T	840
				Sistema	100
				Dados	30
CÁLCULO					
	Kp <sub>isf</sub> = Kpi x R(s;c)f x T x N			RF (ΔKpi) = Kp <sub>isf</sub> - Kp <sub>icf</sub>	
Kpi	Kp <sub>isf</sub>		Kp <sub>icf</sub>	RF	
Manutenção Preventiva	0		0,0	0,0	
Manutenção Curativa	176		88,0	88,0	
Paragem Equipamento	226,5		110,3	116,3	
Deslocações	309,5		257,5	52,0	
RETORNO DE INVESTIMENTO					
Kpi	Retorno Financeiro		Retorno Financeiro Total		
Manutenção Preventiva	- €		256,25 €		
Manutenção Curativa	88,00 €				
Paragem Equipamento	116,25 €				
Deslocações	52,00 €				
<b>ROI</b>					
ROI			-92%		

## AVALIAÇÃO DO RETORNO DE INVESTIMENTO

Equipamento: Compressores Atlas Copco Média e Alta Pressão




### Dados Técnicos

<b>Pressão Trabalho</b>	10 - 25	bar
<b>Caudal</b>	11 - 27,6	m3/min
<b>Motor</b>	6.6 - C13 - 4045HFC04	CAT - JD

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	400	€	550	0,44	0,22
Paragem Equipamento	25	€/ H	100	9,06	4,41
Deslocações	0,5	€/ Km	0,5	619,00	515,00

Intervalo de Tempo (T)	2	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	1		Licenças / T	840
			Sistema	100
			Dados	30

### CÁLCULO

Kpi	Kpisf = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kpisf - Kpicf	
	Kpisf	Kpicf	RF	
Manutenção Preventiva	0	0,0	0,0	
Manutenção Curativa	352	176,0	176,0	
Paragem Equipamento	453	220,5	232,5	
Deslocações	619	515,0	104,0	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	512,50 €
Manutenção Curativa	176,00 €	
Paragem Equipamento	232,50 €	
Deslocações	104,00 €	

ROI	
ROI	-84%

## AVALIAÇÃO DO RETORNO DE INVESTIMENTO

Equipamento: Compressores Atlas Copco Média e Alta Pressão




### Dados Técnicos

<b>Pressão Trabalho</b>	10 - 25	bar
<b>Caudal</b>	11 - 27,6	m3/min
<b>Motor</b>	G6.6 - C13 - 4045HFC04	CAT - JD

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	400	€	550	0,44	0,22
Paragem Equipamento	25	€/ H	100	9,06	4,41
Deslocações	0,5	€/ Km	0,5	619,00	515,00

Intervalo de Tempo (T)	3	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	1		Licenças / T	840
			Sistema	100
			Dados	30

### CÁLCULO

	$Kp_{isf} = Kpi \times R(s;c)f \times T \times N$		$RF (\Delta Kpi) = Kp_{isf} - Kp_{icf}$	
Kpi	Kp <sub>isf</sub>	Kp <sub>icf</sub>	RF	
Manutenção Preventiva	0	0,0	0,0	
Manutenção Curativa	528	264,0	264,0	
Paragem Equipamento	679,5	330,8	348,8	
Deslocações	928,5	772,5	156,0	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	768,75 €
Manutenção Curativa	264,00 €	
Paragem Equipamento	348,75 €	
Deslocações	156,00 €	

ROI	
ROI	-76%

## AVALIAÇÃO DO RETORNO DE INVESTIMENTO

Equipamento: Compressores Atlas Copco Média e Alta Pressão




### Dados Técnicos

<b>Pressão Trabalho</b>	10 - 25	bar
<b>Caudal</b>	11 - 27,6	m3/min
<b>Motor</b>	6.6 - C13 - 4045HFC04	CAT - JD

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	400	€	550	0,44	0,22
Paragem Equipamento	25	€/ H	100	9,06	4,41
Deslocações	0,5	€/ Km	0,5	619,00	515,00

Intervalo de Tempo (T)	4	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	1		Licenças / T	840
			Sistema	100
			Dados	30

### CÁLCULO

Kpi	Kpisf = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kpisf - Kpicf	
	Kpisf	Kpicf	RF	
Manutenção Preventiva	0	0,0	0,0	
Manutenção Curativa	704	352,0	352,0	
Paragem Equipamento	906	441,0	465,0	
Deslocações	1238	1030,0	208,0	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	1 025,00 €
Manutenção Curativa	352,00 €	
Paragem Equipamento	465,00 €	
Deslocações	208,00 €	

ROI	
ROI	-68%

## AVALIAÇÃO DO RETORNO DE INVESTIMENTO

**Equipamento: Compressores Atlas Copco Média e Alta Pressão**




### Dados Técnicos

<b>Pressão Trabalho</b>	10 - 25	bar
<b>Caudal</b>	11 - 27,6	m3/min
<b>Motor</b>	G6.6 - C13 - 4045HFC04	CAT - JD

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	400	€	550	0,44	0,22
Paragem Equipamento	25	€/ H	100	9,06	4,41
Deslocações	0,5	€/ Km	0,5	619,00	515,00

Intervalo de Tempo (T)	5	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	1		Licenças / T	840
			Sistema	100
			Dados	30

### CÁLCULO



	$Kp_{isf} = Kpi \times R(s;c)f \times T \times N$		$RF (\Delta Kpi) = Kp_{isf} - Kp_{icf}$	
Kpi	Kp <sub>isf</sub>	Kp <sub>icf</sub>	RF	
Manutenção Preventiva	0	0,0	0,0	
Manutenção Curativa	880	440,0	440,0	
Paragem Equipamento	1132,5	551,3	581,3	
Deslocações	1547,5	1287,5	260,0	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	1 281,25 €
Manutenção Curativa	440,00 €	
Paragem Equipamento	581,25 €	
Deslocações	260,00 €	

ROI	
ROI	-60%

Nº Equipamentos: 11 Unidades

AVALIAÇÃO DO RETORNO DE INVESTIMENTO						
Equipamento: Compressores Atlas Copco Média e Alta Pressão						
	<b>Dados Técnicos</b>					
	Pressão Trabalho	10 - 25		bar		
	Caudal	11 - 27,6		m3/min		
	Motor	6.6 - C13 - 4045HFC04		CAT - JD		
ENQUADRAMENTO						
Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi		
				s/ Invest.	c/ Invest.	
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7	
Manutenção Curativa	400	€	550	0,44	0,22	
Paragem Equipamento	25	€/ H	100	9,06	4,41	
Deslocações	0,5	€/ Km	0,5	619,00	515,00	
Intervalo de Tempo (T)		1		<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)		11			Licenças / T	840
					Sistema	100
					Dados	30
CÁLCULO						
	$Kp_{isf} = Kpi \times R(s;c)f \times T \times N$			$RF (\Delta Kpi) = Kp_{isf} - Kp_{icf}$		
Kpi	Kp <sub>isf</sub>		Kp <sub>icf</sub>	RF		
Manutenção Preventiva	0		0,0	0,0		
Manutenção Curativa	1936		968,0	968,0		
Paragem Equipamento	2491,5		1212,8	1278,8		
Deslocações	3404,5		2832,5	572,0		
RETORNO DE INVESTIMENTO						
Kpi	Retorno Financeiro		Retorno Financeiro Total			
Manutenção Preventiva	- €		2 818,75 €			
Manutenção Curativa	968,00 €					
Paragem Equipamento	1 278,75 €					
Deslocações	572,00 €					
<b>ROI</b>						
ROI			-38%			

## AVALIAÇÃO DO RETORNO DE INVESTIMENTO

**Equipamento: Compressores Atlas Copco Média e Alta Pressão**




### Dados Técnicos

<b>Pressão Trabalho</b>	10 - 25	bar
<b>Caudal</b>	11 - 27,6	m3/min
<b>Motor</b>	G6.6 - C13 - 4045HFC04	CAT - JD

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	400	€	550	0,44	0,22
Paragem Equipamento	25	€/ H	100	9,06	4,41
Deslocações	0,5	€/ Km	0,5	619,00	515,00

Intervalo de Tempo (T)	2	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	11		Licenças / T	840
			Sistema	100
			Dados	30

### CÁLCULO

	$Kp_{isf} = Kpi \times R(s;c)f \times T \times N$		$RF (\Delta Kpi) = Kp_{isf} - Kp_{icf}$	
Kpi	Kp <sub>isf</sub>	Kp <sub>icf</sub>	RF	
Manutenção Preventiva	0	0,0	0,0	
Manutenção Curativa	3872	1936,0	1936,0	
Paragem Equipamento	4983	2425,5	2557,5	
Deslocações	6809	5665,0	1144,0	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	5 637,50 €
Manutenção Curativa	1 936,00 €	
Paragem Equipamento	2 557,50 €	
Deslocações	1 144,00 €	

ROI	
ROI	25%

## AVALIAÇÃO DO RETORNO DE INVESTIMENTO

Equipamento: Compressores Atlas Copco Média e Alta Pressão




### Dados Técnicos

<b>Pressão Trabalho</b>	10 - 25	bar
<b>Caudal</b>	11 - 27,6	m3/min
<b>Motor</b>	6.6 - C13 - 4045HFC04	CAT - JD

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	400	€	550	0,44	0,22
Paragem Equipamento	25	€/ H	100	9,06	4,41
Deslocações	0,5	€/ Km	0,5	619,00	515,00

Intervalo de Tempo (T)	3	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	11		Licenças / T	840
			Sistema	100
			Dados	30

### CÁLCULO

Kpi	Kpisf = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kpisf - Kpicf	
	Kpisf	Kpicf	RF	
Manutenção Preventiva	0	0,0	0,0	
Manutenção Curativa	5808	2904,0	2904,0	
Paragem Equipamento	7474,5	3638,3	3836,3	
Deslocações	10213,5	8497,5	1716,0	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	8 456,25 €
Manutenção Curativa	2 904,00 €	
Paragem Equipamento	3 836,25 €	
Deslocações	1 716,00 €	

ROI	
ROI	87%

## AVALIAÇÃO DO RETORNO DE INVESTIMENTO

Equipamento: Compressores Atlas Copco Média e Alta Pressão




### Dados Técnicos

<b>Pressão Trabalho</b>	10 - 25	bar
<b>Caudal</b>	11 - 27,6	m3/min
<b>Motor</b>	G6.6 - C13 - 4045HFC04	CAT - JD

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	400	€	550	0,44	0,22
Paragem Equipamento	25	€/ H	100	9,06	4,41
Deslocações	0,5	€/ Km	0,5	619,00	515,00

Intervalo de Tempo (T)	4	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	11		Licenças / T	840
			Sistema	100
			Dados	30

### CÁLCULO

	$Kp_{isf} = Kpi \times R(s;c)f \times T \times N$		$RF (\Delta Kpi) = Kp_{isf} - Kp_{icf}$	
Kpi	Kp <sub>isf</sub>	Kp <sub>icf</sub>	RF	
Manutenção Preventiva	0	0,0	0,0	
Manutenção Curativa	7744	3872,0	3872,0	
Paragem Equipamento	9966	4851,0	5115,0	
Deslocações	13618	11330,0	2288,0	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	11 275,00 €
Manutenção Curativa	3 872,00 €	
Paragem Equipamento	5 115,00 €	
Deslocações	2 288,00 €	

ROI	
ROI	149%

## AVALIAÇÃO DO RETORNO DE INVESTIMENTO

Equipamento: Compressores Atlas Copco Média e Alta Pressão




### Dados Técnicos

<b>Pressão Trabalho</b>	10 - 25	bar
<b>Caudal</b>	11 - 27,6	m3/min
<b>Motor</b>	6.6 - C13 - 4045HFC04	CAT - JD

### ENQUADRAMENTO

Kpi	Valor		Sugestão Referência	Nº Repetições Kpi	
				s/ Invest.	c/ Invest.
Manutenção Preventiva	0	€	500	262,5	541,7
Manutenção Curativa	400	€	550	0,44	0,22
Paragem Equipamento	25	€/ H	100	9,06	4,41
Deslocações	0,5	€/ Km	0,5	619,00	515,00

Intervalo de Tempo (T)	5	<b>DADOS</b>	Investimento	2250
Nº de Equipamentos (N)	11		Licenças / T	840
			Sistema	100
			Dados	30

### CÁLCULO

Kpi	Kpisf = Kpi x R(s;c)f x T x N		RF (ΔKpi) = Kpisf - Kpicf	
	Kpisf	Kpicf	RF	
Manutenção Preventiva	0	0,0	0,0	
Manutenção Curativa	9680	4840,0	4840,0	
Paragem Equipamento	12457,5	6063,8	6393,8	
Deslocações	17022,5	14162,5	2860,0	

### RETORNO DE INVESTIMENTO

Kpi	Retorno Financeiro	Retorno Financeiro Total
Manutenção Preventiva	- €	14 093,75 €
Manutenção Curativa	4 840,00 €	
Paragem Equipamento	6 393,75 €	
Deslocações	2 860,00 €	

### ROI

ROI	212%
-----	------

## Anexo IV. – Dados Simulações Caso 1

		Compressor Atlas Copco XRVS 476 - Frota SGSV																										
		Antes da Implementação do Software												Depois da Implementação do Software														
		2014		2014		2015		2015		2014		2014		2015		2015		2016		2016		2017		2017		2016		2016
1º	2º	1º	2º	1º	2º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	
Nº manutenções preventivas	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1
Custo Total Trimestral	450 €	- €	- €	450 €	225,0 €	- €	- €	- €	1.200 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	450 €	750 €	- €	- €	- €	750 €	- €	- €	750 €	#####
Nº manutenções curativas	1	0	1	0	0,5	0	0	1	1	0	0	1	0	0,5	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0,0
Nº Horas Paragem	5	0	3	0	2,0	0	0	8	7	0	0	7	0	3,8	0	4	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0,0
Deslocações	2	0	1	1	1,0	0	0	2	2	0	0	2	0	1,0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0,5	

**Compressor Atlas Copco XRVS 476 - Frota SCSV**

Antes da Implementação do Software																
	2014				2015				2016				2017		Média Anual	
	Trimestre				Trimestre				Trimestre				Trimestre			
	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	1º	2º		
Nº manutenções preventivas	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1
Custo Total Trimestral	450 €	- €	- €	1.200 €	- €	450 €	- €	- €	450 €	- €	- €	750 €	450 €	- €	450 €	#####
Nº manutenções	1	0	0	1	1	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0,3
Nº Horas Paragem	5	0	0	8	3	0	7	0	0	7	0	0	4	0	0	1,7
Deslocações	2	0	0	2	1	1	2	0	1	2	0	1	1	0	0	0,8

## Anexo V. – Dados Simulações Caso 2

Tempo Médio Paragem /	5	Compressores Atlas Copco - Frota SGSV															
		Número manutenções curativas (paragens) registradas															
Ano	FROTA	2014			2015			2016			2017						
		1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre				
2008	XAMS 287 -	1	1	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2008	XAHS 347 - IM01	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	XAVS 476 - IM01	1	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
2009	XAHS 347 - IM04	0	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2009	XAHS 347 - IM05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	XAHS 347 - IM06	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2009	XAMS 407 - IM02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0	1	1	1	1
2013	XATS 377 - IM01	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
2013	XAVS 307 - IM02	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2016	XAVS 186 - IM01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	1	0	0	0
2016	XAVS 186 - IM02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
	Média	0,38	0,50	0,50	0,25	0,50	0,63	0,75	0,13	0,11	0,18	0,27	0,18	0,27	0,27	0,27	0,27
	Média Total Anual	1,81															
	Média Total Horas Anuais	9,06															
		0,86															
		4,31															

Compressores Atlas Copco - Frota SGSV																	
Quilômetros percorridos pelos veículos assistência																	
Equip. Totais																	
	2014				2015				2016				2017				
Veículo	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre	
Alfa	6250	8150	5750	4200	7300	6950	10250	8000	6150	8500	5650	7600	7300	7200			
Beta	8300	9500	8100	7600	6100	8200	7700	11500	7500	5550	6900	6800	4850	3200			
Somatório	14550	17650	13850	11800	13400	15150	17950	19500	13650	14050	12550	14400	12150	10400			
Equi. Análise	146	177	139	118	134	152	180	195	137	141	126	144	122	104			
Média Total Km	619												515				