



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



Análise Ergonómica do Trabalho no Sector de Recuperação, Tratamento e Enchimento de Tubos de Dióxido de Carbono no Contexto da Indústria Cervejeira

Relatório de Estágio elaborado com vista à obtenção do Grau de Mestre em
Ergonomia

Orientadora: Professora Doutora Maria Filomena Araújo da Costa Cruz Carnide

Júri:

Presidente

Professora Doutora Maria Filomena Araújo Costa Cruz Carnide, Professora Auxiliar da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais

Professor Doutor Florentino Manuel dos Santos Serranheira, Professor Auxiliar da Escola Nacional de Saúde Pública da Universidade Nova de Lisboa;

Professora Doutora Teresa Margarida Crato Patrone de Abreu Cotrim, Professora Auxiliar da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa.

João Rafael Ribeiro dos Santos

2013

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Professora Doutora Filomena Carnide, um muito obrigado pela paciência, dedicação, incentivo, disponibilidade e orientação durante a realização deste trabalho, na qual se provou fundamental durante a elaboração deste.

Ao meu orientador de estágio, Dr. José Seara, dirijo um especial agradecimento pelo acolhimento, ajuda, orientação e confiança atribuída que foram determinantes na realização deste trabalho.

Aos meus grandes amigos, David Sota, Diogo Rodrigues, Samir Ahmad e Susana Fonseca o meu mais sincero agradecimento pela presença constante, encorajamento e apoio nos vários momentos deste novo percurso académico estabelecido.

Aos elementos da equipa onde estive inserido que foram o meu objecto de estudo enquanto Ergonomista, quero agradecer pela cooperação, acolhimento, voto de confiança e partilha de conhecimentos, este trabalho não teria sido possível sem a colaboração de todos, quer a nível individual quer a nível colectivo.

Aos Professores da Faculdade de Motricidade Humana, da Secção Autónoma de Ergonomia que em diferentes momentos dedicaram algum tempo para a partilha de informações ou esclarecimento de dúvidas específicas, quero agradecer pela ajuda e partilha de opiniões.

Agradeço ainda aos elementos da equipa do grupo responsável pela actividade complementar no convite e interesse demonstrado no meu envolvimento.

À *ergoPLUX* e em especial à Dr.^a Neuza Nunes quero agradecer pelo fornecimento e informação quanto à praticabilidade do equipamento de medição directa que se constituiu na metodologia neste trabalho.

Finalmente, e em jeito de dedicatória, um grande obrigado aos meus pais, à minha irmã e ao meu cunhado.

RESUMO

O presente relatório de estágio decorreu numa empresa da indústria cervejeira, através de um pedido relacionado com as exigências físicas associadas ao transporte e MMC de tubos no Sector de Recuperação, Tratamento e Enchimento de CO₂. O objectivo geral prende-se com a realização de uma Análise Ergonómica da actividade dos operadores. Para a análise da exposição biomecânica recorreu-se a instrumentos observacionais (REBA, equação de NIOSH), de medida directa (electromiografia de superfície e acelerometria) e de simulação (HARSim). Como resultados, verificou-se que as tarefas contribuem de diferentes modos para o agravamento da exposição biomecânica, tendo a manipulação do produto, seja em transporte ou depósito deste (em paletes/contentores) para armazenamento/encomendas, um maior destaque. No entanto, as tarefas de decapagem, provas hidráulicas, pintura e identificação/verificação de fugas nos tubos estabelecem variações significativas nesta exposição. Concluiu-se que a exposição biomecânica ocupacional é elevada e determinada pelas estratégias operatórias praticadas, em que os pesos limite recomendados para tarefas de levantamento/depósito de cargas não são maioritariamente respeitados. As recomendações propostas para a melhoria das situações de trabalho analisadas foram classificadas em dois grupos: o organizacional com referência a acções de formação/informação e o técnico/processual que apresenta protótipos de equipamentos, máquinas ou ainda linhas de produção.

Palavras-chave: Lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT); Transporte e Movimentação manual de cargas (MMC); Análise Ergonómica; Exposição Biomecânica; Vibrações; Rapid Entire Body Assessment (REBA); National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) equação 91 de levantamento para multitarefas; Software Humanoide Articulation Reaction Simulation (HARSim); Acelerometria; Electromiografia de Superfície.

ABSTRACT

This report took place in a training program at a brewery through a request related to the physical requirements associated to the transport and MHL of pipes in the recovery, treatment and filling of CO₂ sector. The general objective of this report was the realization of an Ergonomic Analysis based on the activity of the operators. For the analysis of biomechanics were used observational instruments (REBA, NIOSH equation), instruments of direct measurement (surface electromyography and accelerometer) and instruments of simulation (HARSim). In conclusion, it was found that the tasks contribute in different ways to the aggravation of biomechanics, being the handling of the product, whether in transport or warehouse of this (on pallets/containers) for storage/orders, a greater prominence. However, the tasks of pickling, hydraulic tests, painting and identification/verification of leakage in the pipes establish significant variations in this exhibition. It was concluded that the occupational Biomechanics exposure is high and determined by the operative strategies practiced, in that the limits of recommended weights for lifting/deposit tasks are not mostly respected. The proposed recommendations in order to improve the analyzed working conditions were divided in two groups: Organizational with references to training and information actions and Technical/Procedures which present equipment prototypes, machines and production lines.

Key words: Musculoskeletal disorders work-related (MSDS); Shipping and manual handling of loads (MHL); Ergonomic Analysis; Exhibition Biomechanics; Vibrations; Entire Body Rapid Assessment (REBA); National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) lifting 91 equation for multitasking; Humanoid Articulation Reaction Simulation Software (HARSim); Accelerometer; Surface Electromyography.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	1
RESUMO	2
ABSTRACT.....	3
ÍNDICE GERAL.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE TABELAS.....	8
LISTA DE ABREVIACÕES	10
I- INTRODUÇÃO	12
II - REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1 - A Análise e Intervenção Ergonómica	13
2.2 - A Problemática das Lesões Músculo-Esqueléticas Relacionadas com o Trabalho (LMERT).....	14
2.3 - O Transporte e Movimentação Manual de Cargas	16
III - OBJECTIVOS DO ESTUDO.....	23
IV - ANÁLISE ERGONÓMICA	24
4.1 - Análise do Pedido.....	24
4.2 - Caracterização da Empresa*	24
4.2.1 - Apresentação da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.	24
4.2.2 - Processo de Fabrico da Cerveja na Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.	27
4.2.3 - Apresentação do Sector de Recuperação, Tratamento e Enchimento de CO ₂ ...	31
4.3 - Selecção das Situações a Analisar	36
4.3.1 - Amostra.....	38
4.3.2 - Variáveis	38
4.3.3 - Instrumentos	39
4.3.4 - Procedimentos.....	45
4.4 - Pré-Diagnóstico	47
4.5 - Análise da Actividade.....	47
V - DIAGNÓSTICO.....	61
VI- RECOMENDAÇÕES	80
VII - ACTIVIDADE COMPLEMENTAR.....	85

VIII - CONCLUSÃO	87
IX - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
Anexo 1 - Consumos de Dióxido de Carbono nos vários sectores de fabrico da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.	90
Anexo 2 - Valores referentes à movimentação de produto e vasilhame	90
Anexo 3 - Questionário elaborado para guiar a entrevista	90
Anexo 4 - Plano de Observação	90
Anexo 5 - Apresentação de algumas das posturas e estratégias simuladas no HARSim das várias tarefas.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Demonstração da orientação das forças resultantes do movimento com carga na coluna vertebral.....	17
Figura 2: Representação das unidades orgânicas existentes na SCC, S.A.	25
Figura 3: Planta da Fábrica de Vialonga.....	26
Figura 4: Planta da zona correspondente à recuperação e tratamento do CO ₂	32
Figura 5: Planta representativa da zona atribuída ao enchimento de CO ₂ e do armazém 2, os números a vermelho dizem respeito à quantidade máxima de tubos armazenada no local, os que não possuem é porque são preenchidos por paletes.....	35
Figura 6: Apresentação dos tubos manuseados na SCC, S.A., de forma decrescente da esquerda para a direita, quanto ao peso.	36
Figura 7: Apresentação dos possíveis e comuns deslocamentos manuais dos tubos internamente no Sector.	61
Figura 8: Demonstração do protótipo relativamente ao contentor, com as dimensões iguais às de uma paleta (altura, comprimento e largura).	81
Figura 9: Demonstração do protótipo relativamente à base móvel em altura (descida apenas), com a configuração de uma paleta, de forma a possibilitar o seu uso tanto em paletes como nos contentores.....	81
Figura 10: Representação da máquina de decapagem/pintura existente no sector, com algumas modificações no seu interior.....	82
Figura 11: Representação do protótipo da linha de produção para as provas hidráulicas. ...	83
Figura 12: Demonstração do deslocamento da caixa ou carrinho para a cabine da prova hidráulica.....	84
Figura 13: Demonstração do deslocamento da caixa ou carrinho para a linha principal onde se iria recorrer ao braço mecânico para o levantamento com inversão e posteriormente depósito dos tubos.	84
Figura 14: Apresentação de um dos possíveis carrinhos a ser utilizado para o transporte de tubos.	84
Figura 15: Demonstração do protótipo da caixa e das suas bases para a identificação e verificação de fugas do gás nos tubos.....	85
Figura 26: Simulação do depósito unilateral de vasilhame/produto numa paleta, estando um pé em cima desta e outro ao nível do solo.	107
Figura 37: Simulação do levantamento unilateral de vasilhame/produto numa paleta, existindo um suporte para o MS que não manuseia a carga.	107
Figura 48: Simulação do levantamento bi-manual de vasilhame/produto, estando o operador em cima da paleta.	107
Figura 59: Simulação do levantamento unilateral de vasilhame/produto para o depósito na paleta.	107
Figura 20: Simulação do transporte simétrico de vasilhame/produto por arrastamento.	107
Figura 26: Simulação do transporte simétrico de vasilhame/produto por arrastamento (tubos de ferro-velho).	107

Figura 22: Simulação do transporte simétrico de vasilhame/produto por elevação total.	108
Figura 23: Simulação do transporte simétrico de vasilhame/produto por arrastamento, estando um tubo à frente do corpo e outro atrás.	108
Figura 24: Simulação da inversão bi-manual do tubo após a limpeza interna com água, estando este posicionado sagitalmente ao corpo do operador.	108
Figura 25: Simulação da inversão bi-manual do tubo após a limpeza interna com água, estando este posicionado frontalmente ao corpo do operador.	108
Figura 26: Simulação do movimento bi-manual de um tubo para o depósito deste no tanque com água.	108
Figura 27: Simulação do levantamento bi-manual de um tubo de ferro-velho para depósito num contentor ou no tanque com água.	108
Figura 28: Simulação do levantamento unilateral de vasilhame do interior de um contentor (vermelho), existindo um apoio para o MS que não executa o movimento.	109
Figura 29: Simulação do depósito bi-manual de ferro-velho em paletes para encomendas.	109
Figura 30: Simulação do depósito bi-manual de produto para encomendas, em cima de uma paleta já formada.	109
Figura 31: Simulação do levantamento bi-manual de ferro-velho, enquanto vasilhame, para a retirada deste da paleta.	109
Figura 32: Simulação do levantamento bi-manual do tubo para retirada/colocação de vasilhame/produto do/no contentor (vermelho).	109
Figura 33: Simulação do depósito bi-manual do tubo no suporte para a sua pintura.	109

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Principais factores de risco de LMERT.	14
Tabela 2: Apresentação das linhas de enchimento e a sua caracterização.	31
Tabela 3: Apresentação das variáveis independentes face aos instrumentos de recolha e de avaliação adoptados neste estudo.	38
Tabela 4: Apresentação dos diferentes níveis de risco com o respectivo score e os níveis de intervenção preconizados para o método observacional REBA.	39
Tabela 5: Classificação atribuída quanto ao esforço físico percebido, na realização das várias tarefas pelos diversos operadores.	48
Tabela 6: Apresentação da capacidade máxima de colocação do produto durante a preparação de encomendas face ao tubo (tipo e capacidade) na utilização de paletes ou contentores vermelhos.	58
Tabela 7: Apresentação dos diferentes tubos existentes face à sua capacidade, constituição, dimensões e pesos.	60
Tabela 8: Apresentação para cada tarefa do tempo médio de ciclo por tubo e o tempo total face ao número médio de tubos (ou paletes) envolvidos nas várias tarefas num turno, contabilizando ainda, o número mínimo de acções praticadas por cada tubo.	60
Tabela 9: Apresentação da aplicação da equação de NIOSH para o cálculo do peso limite recomendado e o índice de levantamento, considerando todos as variáveis referentes aos multiplicadores e aos pesos dos tubos, para um conjunto de tarefas específicas que cumprem os requisitos de aplicação desta metodologia.	64
Tabela 10: Apresentação de forma decrescente dos factores multiplicadores que contribuíram para a diminuição do valor final do RWL para as fases de levantamento e depósito das tarefas.	66
Tabela 11: Apresentação dos resultados da aplicação do REBA, num conjunto de posturas recolhidas nas várias tarefas de trabalho.	68
Tabela 12: Apresentação dos resultados da aplicação da electromiografia de superfície num conjunto de músculos superficiais em vários momentos.	71
Tabela 13: Apresentação dos valores aproximados das forças exercidas ao nível da coluna vertebral num conjunto de tarefas (contemplando a diversidade das cargas em pesos e dimensões e os percentis 5 e 95 da antropometria humana), fazendo referência à articulação S1/L5 através da simulação no HARSim.	75
Tabela 14: Apresentação dos valores médios e máximos do REBA e da equação composta de NIOSH, determinados para os vários operadores com base nas tarefas que realizam, referenciando a sazonalidade de produção.	80
Tabela 15: Apresentação do plano de sessão geral da acção de formação desenvolvida.	86
Tabela 16: Apresentação do consumo total de CO ₂ na SCC nos seus vários sectores e em diferentes meses referentes ao ano de 2009 até 2011.	96
Tabela 17: Apresentação da quantidade de produto processado dos vários materiais comercializados pela SCC nos anos de 2009 a 2011, distinguindo os referentes quanto à entrada (contabilizados nas tarefas de enchimento) e saída (encomendas).	98

Tabela 18: Apresentação da quantidade de vasilhame processado dos vários tubos de diferentes capacidades e conteúdos nos anos de 2009 a 2011, distinguindo os referentes relativamente à origem (entradas) e destino (saídas, isto é enchimento e sucata).98

Tabela 19: Apresentação do plano de observação elaborado, onde foi registado várias informações resultantes das observações sistemáticas.108

LISTA DE ABREVIACÕES

AM- Multiplicador do Ângulo de Assimetria
APDF- Curva de Função de Distribuição da Probabilidade de Amplitude
REBA- Rapid Entire Body Assessment
CATIA- Computer Aided Three-dimensional Interactive Application
CENTRALCER- Central de Cervejas
CERGAL- Cervejas de Portugal
CLI- Índice de Levantamento Composto
CM- Multiplicador do Tipo de Pega
CO₂- Dióxido de Carbono
CV- Coluna Vertebral
CVM- Contração Voluntária Máxima
DM- Multiplicador da Distância Vertical
EMG- Electromiografia
E.P- Entidade Pública
EPI- Equipamento de Protecção Individual
ETAR- Estação de Tratamento de Águas Residuais
FILI- Índice de Levantamento Independentemente da Frequência
FIRWL- Peso Limite Recomendado Independentemente da Frequência
FM- Multiplicador da Frequência
HACCP- Hazard Analysis Critical Control Points
HARSim- Humanoid Articulation Reaction Simulation
HM- Multiplicador da Localização Horizontal
H₂S- Sulfureto de Hidrogénio
ISO- International Organization for Standardization
ISQ- Instituto de Soldadura e Qualidade
IMC- Índice de Massa Corporal
LC- Constante de Carga
LI- Índice de Levantamento
LMERT- Lesões Músculo-Esqueléticas Relacionadas com o Trabalho
MI- Membro Inferior
MM- Movimentação Manual
MMC- Movimentação Manual de Cargas
MS- Membro Superior
NH₃- Amoníaco

NIOSH- National Institute for Occupational Safety and Health
RWL- Peso Limite Recomendado
S.A- Sociedade Anónima
SAL- Sociedade da Água do Luso
SAS- Segurança, Ambiente e Saúde
SCC*- Sociedade Central de Cervejas
SCC- Sociedade Central de Cervejas e Bebidas
SHSS- Serviços de Higiene, Segurança e Saúde
S&N- Scottish & Newcastle
STIL- Índice de Levantamento para cada Tarefa
STRWL- Peso Limite Recomendado por Tarefa
TPM- Total Production Management
VAE- Valor de Acção de Exposição
VLE- Valor Limite de Exposição
VM- Multiplicador da Localização Vertical

I- INTRODUÇÃO

O presente estudo insere-se no Estágio de Mestrado, ramo profissional, em Ergonomia e tem como foco principal a análise da actividade do Sector de Recuperação, Tratamento e Enchimento de Dióxido de Carbono (CO₂) pertencente à Sociedade Central de Cervejas e Bebidas (SCC), Sociedade Anónima (S.A.). Este estudo partiu de um pedido formal face à necessidade percebida pela SCC, relativamente às elevadas exigências físicas da movimentação manual de cargas existentes no posto de trabalho correspondente ao Sector anteriormente referido. A relevância deste trabalho prende-se com a transformação de um contexto de trabalho específico, maximizando critérios como a segurança, eficácia do sistema e a saúde, que em caso de sucesso pode culminar na partilha/transferência de informações ao nível do grupo onde pertence a SCC, S.A. O resultado deste processo culminará na elaboração de directrizes internas a serem contempladas nos Sectores de Recuperação, Tratamento e Enchimento de CO₂ nas demais instalações fabris associadas.

A movimentação manual de cargas (MMC) não é uma temática de debate recente, uma vez que ocorre em todas as actividades humanas, independentemente do contexto ser profissional ou não. Esta é muito usual nos diversos ramos de indústria com diferentes graus de solicitação, estando esta muitas das vezes dependente do grau de mecanização dos sistemas ou presença/ausência de equipamentos de auxílio. É através da riqueza informacional resultante dos vários estudos desenvolvidos neste âmbito que hoje é possível compreender as repercussões (ex.: biomecânicas, psicofísicas) associadas à MMC ao nível do sistema músculo-esquelético humano. Este estudo pretende realizar uma Análise Ergonómica da actividade profissional dos operadores existentes no Sector, centralizada na exposição biomecânica com destaque para a MMC.

Quanto à forma de organização do trabalho, este está disposto em seis grupos distintos mas de seguimento lógico, considerando as linhas orientadoras da própria análise ergonómica com a respectiva intervenção (propostas de melhoria). O primeiro grupo é constituído pela revisão da literatura onde é abordado um conjunto de temas pertinentes como: os fundamentos da análise e intervenção ergonómica; a problemática das lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT) e, por fim, um conjunto diversificado de resultados dispostos na literatura sobre o transporte e movimentação manual de cargas, onde é revelado um conjunto de especificações recomendadas para o procedimento de tarefas que exigem esta condição. O segundo grupo evidencia os objectivos gerais e específicos do estudo que permitem estabelecer uma linha condutora para os grupos que se seguem. O terceiro grupo diz respeito à Análise Ergonómica e, por esse motivo, integra uma grande variedade de agrupamentos informativos. Inicia-se com a análise do pedido e a caracterização geral da empresa, isto é, a apresentação desta e dos processos de fabrico, com destaque para o Sector alvo deste estudo. Após esta descrição, segue-se com a justificatória da selecção das situações a analisar e a metodologia aplicada neste estudo (amostra, variáveis, instrumentos, procedimentos e o tratamento estatístico). Este grupo finaliza-se com a formulação do pré-diagnóstico e a análise da actividade. O quarto grupo corresponde ao diagnóstico onde é discutida a confirmação do pré-diagnóstico e as informações da análise da actividade, em confrontação com os resultados obtidos pelos instrumentos aplicados. O quinto grupo expõe um conjunto de propostas de melhoria consolidadas em dois grupos de diferentes naturezas, sendo essas a organizacional e a técnica/processual. Por fim, mas não sendo menos importante, o sexto grupo que descreve a actividade complementar desenvolvida durante o mesmo período temporal correspondente a este estudo.

II - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - A Análise e Intervenção Ergonómica

O conceito de Ergonomia tem evoluído ao longo do tempo. No entanto, na actualidade, é consensual o seu entendimento como o domínio científico e tecnológico interdisciplinar que visa a compreensão das interacções entre o homem e os sistemas e a concepção de sistemas de trabalho que permitam otimizar a saúde e o bem-estar dos operadores e obter o aumento da produtividade e eficácia dos sistemas de trabalho (International Ergonomics Association, 2000). Assim, podemos afirmar que em Ergonomia se realiza o estudo do homem durante o trabalho mas também nas suas ocupações dos tempos livres, de modo a melhorar globalmente as suas condições de vida. O seu objectivo será a optimização da interacção entre o homem, o sistema de trabalho e o ambiente, através do equilíbrio entre as exigências das tarefas e do sistema e as características anatómicas, fisiológicas, sensoriais, perceptivas e cognitivas do homem (Cotrim, 2004).

A análise ergonómica é uma construção que, partindo de um pedido, se elabora e toma forma ao longo do desenrolar da intervenção. Cada intervenção é única e singular; cada caso é um caso. No entanto, existe um conjunto de fases privilegiadas que vão estruturar a construção da intervenção. A importância relativa de cada uma destas fases e as relações entre si são específicas para cada intervenção. Em regra, qualquer intervenção ergonómica surge através de um pedido, sendo esse analisado e, caso necessário, reformulado. Antes de analisar em detalhe uma ou mais situações de trabalho, é necessário compreender o funcionamento da empresa, o que permitirá avaliar melhor as dificuldades esperadas, o contexto, as evoluções previsíveis e a margem de manobra para implementação de transformações. É nesta fase que se formulam as hipóteses de nível 1 que conduzirão à escolha das situações de trabalho a analisar em detalhe para recolher os elementos que darão a resposta às questões elaboradas. Nesta etapa, após os primeiros contactos com os operadores envolvidos, proceder-se-á à realização de observações livres e à análise das tarefas (distinção entre a prescrição e o real), considerando sempre os elementos associados à origem do pedido. Com a obtenção destas informações o ergonómista começa a estabelecer as relações entre os constrangimentos da situação de trabalho, a actividade desenvolvida pelos operadores e as consequências da actividade para a saúde e produção. Estas aproximações permitem-lhe formular um pré-diagnóstico que será orientador na elaboração de um plano de observações sistemáticas, de forma a verificar (recolha de dados), enriquecer (tratamento dos dados) ou demonstrar as hipóteses expressas (validação dos dados). Este processo culminará na obtenção de um diagnóstico com a apresentação de um conjunto de recomendações e orientações para possíveis soluções (Guérin et al, 1991).

O esquema genérico apresentado anteriormente à intervenção ergonómica é meramente teórico porque na realidade estas fases interagem e existem vários avanços e recuos entre si. Alguns exemplos são: o surgimento de novos elementos do pedido ao longo da intervenção; a análise de uma dada situação de trabalho pode colocar em evidência a necessidade de estudar uma outra situada a montante ou jusante da mesma; as observações sistemáticas poderão conduzir a um reajustamento do pré-diagnóstico e à aplicação de outros métodos, entre outros. Esta metodologia não deverá ser encarada como uma série de métodos a aplicar sucessivamente, mas, inversamente, será a riqueza dos ajustamentos e das regulações introduzidas ao longo da intervenção que determinam o seu sucesso (Guérin et al., 1991).

2.2 - A Problemática das Lesões Músculo-Esqueléticas Relacionadas com o Trabalho (LMERT)

As lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT) constituem um problema mundial, quer a nível da saúde quer a nível social e económico. A elevada prevalência de LMERT na coluna vertebral e membros superiores tem sido documentada por vários estudos como associada a um número elevado de baixas por doença e insatisfação no trabalho, traduzindo-se em custos sociais e económicos consideráveis. Estas doenças ocupacionais têm sido observadas tanto em países desenvolvidos como subdesenvolvidos e nos mais diversos sectores de actividade. Por esta razão, as LMERT têm sido constituídas como objecto de estudo em diversas investigações e debates, particularmente no que respeita às possibilidades de prevenção deste tipo de problema que começa a revelar-se uma verdadeira epidemia (Brandão, 2003).

A sintomatologia das lesões músculo-esqueléticas está bastante documentada na literatura e inclui um conjunto variado de doenças inflamatórias e degenerativas do sistema locomotor. Neste trabalho optou-se pela terminologia “Lesões Músculo-Esqueléticas Relacionadas com o Trabalho” por ser a designação mais consensual em Portugal (existem várias designações terminológicas deste tipo de lesões nos vários países do mundo) no que se refere a lesões que resultam de factores de risco ocupacionais (Uva et al., 2008). Um factor de risco é uma condição do trabalho que pode provocar um efeito adverso ao operador, sendo que a sua exposição pode causar ou não doença ou lesão, dependendo da interacção dos vários factores presentes na situação de trabalho (exposição) e do tempo de recuperação (sem exposição). Através da análise de vários estudos desenvolvidos e das evidências testadas/comprovadas, os vários factores de risco conhecidos foram distribuídos em três grupos distintos: os de risco físico e mecânico, os individuais e os organizacionais/psicossociais (ver tabela 1). Serão apenas descritos os factores de risco do primeiro grupo, mencionado anteriormente, que ao associarem-se com tarefas que implicam a movimentação manual de cargas podem potencializar de forma significativa a instauração de várias LMERT, em especial as referentes à coluna vertebral pela sua importância no desempenho das mesmas. Esses factores foram averiguados na prática deste estágio (repetitividade, postura, força e vibrações).

Tabela 1: Principais factores de risco de LMERT (adaptado de: Serranheira, F.; Lopes, F.; Uva, A., 2005).

	Físicos e Mecânicos	Individuais	Organizacionais / Psicossociais
Factores de Risco	<ul style="list-style-type: none"> - Movimentação Manual de Cargas; - Contacto com ferramentas vibratórias; - Temperaturas extremas (frio); - Posturas estáticas; - Posturas nos limites articulares; - Repetitividade; - Choques e Impactos; - Aplicação de Força. 	<ul style="list-style-type: none"> - Idade; - Género; - Situação de Saúde; - Características Antropométricas; - Hábitos alimentares; - Estilos de vida não saudável (exemplo: tabagismo, alcoolismo); - Patologias (exemplo: diabetes). - Experiência profissional; 	<ul style="list-style-type: none"> - Ausência de Pausas; - Estilo de chefia; - Exigências de Produtividade; - Ritmos intensos de trabalho; - Insatisfação profissional; - Avaliação do desempenho; - Pressão temporal; - Trabalho nocturno; - Monotonia das tarefas; - Carga Mental.

Não se pretende com este estudo realizar uma análise pormenorizada dos vários modelos, teorias e hipóteses explicativas da génese multifactorial das LMERT (exemplos: Modelo de Armstrong e outros, 1993; Teoria da fadiga diferencial; a Hipótese de “Cinderela”, entre outros), no entanto é possível destacar vários contributos teóricos dos demais, a ter em linha de consideração (Serranheira, 2007):

- A existência de um processo interactivo entre as diversas componentes do sistema músculo-esquelético e as exigências da actividade de trabalho, onde se identificam

características genéticas, morfológicas e psicossociais que interagem com as exigências biomecânicas da actividade e podem culminar em LMERT;

- A probabilidade da instalação de distintos níveis de fadiga nos vários músculos que permitem o movimento de uma articulação, níveis esses que variam face ao tipo de actividade de trabalho, às diferentes articulações envolvidas e ao gesto/movimento realizado, que determinam distintas e desiguais forças que podem originar LMERT;
- O aparecimento de lesões cumulativas que não dependem exclusivamente da intensidade da exposição aos factores de risco mas também da dose de exposição;
- A sobrecarga do tecido, que devido a elevada aplicação de força, utilização prolongada, postura extrema ou movimento repetido, pode desencadear o desenvolvimento de uma LMERT;
- A utilização das mesmas unidades motoras na realização de uma actividade, ainda que em baixos níveis de aplicação de força (intensidade), pode desencadear a sobrecarga e originar um processo consequente de dor e/ou LMERT.

Para a avaliação da exposição ocupacional, quer se trate de factores físicos (exposição biomecânica), quer de factores organizacionais/psicossociais relacionados com o trabalho, não existe um método único para identificar e medir factores de risco em simultâneo. Cada método apresenta vantagens e desvantagens, devendo a decisão ser tomada com base no contexto de trabalho e na actividade a estudar, do nível de exactidão e precisão pretendida, do nível de qualidade exigida dos resultados, dos custos e dos recursos disponíveis e da multiplicidade de factores a serem medidos de uma só vez. A gama de métodos disponíveis varia desde os métodos de julgamentos subjectivos até medidas directas quantitativas. À medida que evoluímos nesta escala, tanto o nível de exactidão da análise como o de qualidade dos resultados aumentam, sendo acompanhados de custos incrementados em termos de perícia para a análise dos dados (Brandão, 2003).

A necessidade de definir estratégias de avaliação da exposição a factores de risco para a prevenção das LMERT resultou na apresentação de várias abordagens preventivas por vários autores, contemplando vários níveis de análise da exposição aos factores de risco, numa lógica de construção evolutiva de análise envolvendo os diferentes interlocutores. Em Ergonomia, associada à Análise Ergonómica, recorre-se usualmente a uma abordagem metodológica estratificada considerando três níveis de análise: o despiste, a análise sistemática das situações identificadas como problemáticas e a quantificação da exposição. É no primeiro nível (despiste) onde é realizada uma análise qualitativa dos principais factores de risco presentes em todas as situações de trabalho, através de métodos observacionais de fácil e rápida aplicação no terreno (*checklists*) e da análise das taxas de LMERT a partir dos métodos de julgamentos subjectivos (questionários de sintomas) e dos dados de vigilância da saúde existentes na empresa. Ainda neste nível, é necessário e desejável o envolvimento de todos os actores do sistema de trabalho (operadores, chefia directa, responsáveis pela produção, entre outros). No segundo nível (a análise) realiza-se também uma análise qualitativa com recurso a métodos de observação sistemática mais precisos, de aplicação directa ou retrospectiva, de análise dos factores de risco, e meios de diagnósticos de sintomas e LMERT igualmente mais precisas (exames clínicos e anamnésicos). Nesta fase o número de actores envolvidos será menor e recairá fundamentalmente sobre a participação dos operadores, médicos de trabalho e ergonomistas. O terceiro e último nível corresponde à quantificação da exposição de um conjunto de situações que, pela natureza dos riscos presentes, pela especificidade das situações e das soluções a tomar, requerem o recurso à aplicação de medidas directas (ex.: electromiografia, acelerometria, simulação, entre outros), englobando um número restrito de tarefas ou operações e a participação de especialistas. Estes níveis de análise sucedem-se no espaço e no tempo, não devendo ser ultrapassados ou reorganizados. Existe a

convicção de que tal abordagem integrada de avaliação da exposição constitui o caminho correcto para a prevenção a partir de uma compreensão global e integradora do trabalho desenvolvido e, portanto, a via de transformação do trabalho eficaz (Brandão, 2003).

2.3 - O Transporte e Movimentação Manual de Cargas

As tarefas de movimentação manual de cargas (MMC), desenvolvidas geralmente em contextos ocupacionais, constituem uma das tarefas mais frequentes e de maior risco no que diz respeito ao desenvolvimento de LMERT. As tarefas de MMC tornam-se complexas por abrangerem diferentes situações, nomeadamente: o levantamento e depósito de cargas, numa postura em pé ou de joelhos; o empurrar e/ou puxar cargas; o segurar e/ou transportar cargas (Colim, 2009).

Apesar do rápido avanço da tecnologia nas últimas duas décadas, a MMC, em particular a elevação de cargas, permanece ainda como uma das tarefas mais frequentes em contextos industriais, sendo considerada como uma das principais causas das lesões da coluna vertebral, mais concretamente da região dorso-lombar (Yeung et al., 2002). Hoje em dia já é possível encontrar estudos que demonstram a capacidade de perceber e explicar as cargas exercidas ao nível da coluna e das articulações durante a realização de tarefas de MMC. Estes estudos têm melhorado significativamente nos últimos anos com o desenvolvimento de modelos mecânicos de engenharia e modelos estáticos da coluna vertebral (Marras et al., 2009). Existem também alguns estudos epidemiológicos que sugerem, de forma inequívoca, que uma elevada prevalência de dores na zona dorso-lombar se deve, essencialmente, à necessidade de realização de manipulações de cargas (Heran-Le Roy et al., 1999). É também possível verificar que alguns dos resultados obtidos vêm reforçar a ideia de que, para além de factores de risco tradicionalmente associados às tarefas de MMC, existem outros igualmente importantes, nomeadamente a consideração dos efeitos cumulativos das tarefas de MMC e os factores organizacionais, tais como a pressão do tempo, a longa duração dos turnos, a escassez de pausas, etc. (Heran-Le Roy et al., 1999).

Em regra geral, as investigações conduzidas sobre MMC averiguam quatro abordagens existentes, com critérios específicos, para a determinação dos efeitos destas tarefas sobre o corpo humano (ênfase na coluna vertebral), sendo essas epidemiológica, biomecânica, fisiológica e psicofísica. Neste estudo, apesar de ser abordada a importância de cada uma, as três últimas abordagens serão as mais desenvolvidas seguidamente. Os frutos dos estudos epidemiológicos são ainda apresentados com limitações devido à falta de clareza, quer na identificação, quer na quantificação dos factores de risco da lesão da coluna vertebral (zona lombar). No entanto, alguns factores de risco foram identificados, como por exemplo: história familiar, altura e diâmetro do canal vertebral, massa corporal, trabalho fisicamente penoso, levantamento de cargas, puxar e empurrar de cargas e ainda posturas prolongadas. O peso da carga e a frequência de elevação têm sido apontados como os factores mais críticos no que se refere ao risco de lesão da coluna (Mendes, 2002). Chaffin & Park (1973) verificaram que existe um aumento acentuado entre a capacidade individual de elevação e o índice de incidência dos problemas da coluna lombar. Chaffin et al. (1976) cit. por Waters et al. (1993) verificaram ainda que quanto maior o peso a elevar maior é o grau de lesão. Os mesmos autores concluíram que existe uma grande correlação entre as forças compressivas (modelos estáticos de força) na articulação L5/S1 e a incidência de dores na coluna lombar.

Antes de se prosseguir com a abordagem das conclusões de estudos em modelos biomecânicos, é necessário fazer uma introdução relativa ao tipo de forças que podem ser

exercidas ao nível da coluna vertebral, sendo essas: forças axiais, forças de corte ou cisalhamento, momentos flectores ou torção e pressões intervertebrais (figura 1). Cada uma destas forças pode ocorrer isoladamente num ciclo de elevação, no entanto, a maioria ocorre em simultâneo.

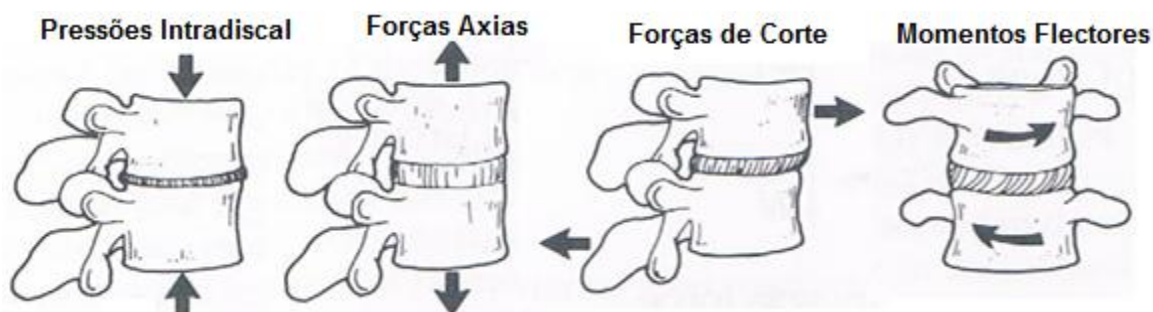


Figura 1: Demonstração da orientação das forças resultantes do movimento com carga na coluna vertebral (adaptada de: Pope et al., 1991).

A força axial é uma força vertical cuja direcção é perpendicular aos pratos vertebrais, provocando estas a aproximação dos dois corpos vertebrais adjacentes com o deslizamento de cima para baixo de uma faceta articular sobre a adjacente e conseqüente diminuição do espaço intervertebral (Pope et al., 1991). Estas forças contribuem para o aparecimento do prolapso do disco e de fracturas na cartilagem discal. A força de corte é uma força perpendicular ao plano da unidade funcional da coluna vertebral, com uma direcção normal ao prato cartilágineo vertebral. Estas forças provocam o deslizamento de uma vértebra sobre a subjacente e a aproximação das facetas articulares, o anel fibroso e as próprias facetas articulares são os principais constituintes/estruturas que resistem a este tipo de forças (Pope et al., 1991). Relativamente aos momentos flectores, estes produzem a rotação de uma vértebra em relação à vertebra subjacente, o que resulta na aproximação dos corpos vertebrais na região anterior e o seu afastamento na região posterior, ocorrendo o deslizamento das facetas articulares entre si, o que culmina na compressão das estruturas nervosas da coluna (Kapandji, 1971, cit. por Mendes, 2002). Designa-se como forças de compressão, as forças que resultam do somatório da actuação das forças axiais e da componente dos momentos flectores. As pressões intradiscas correspondem à força por unidade de superfície ao nível do disco intervertebral (Mendes, 2002). Todo o estudo referente ao efeito das várias forças na coluna vertebral foi possível devido ao conhecimento alcançado (estudos experimentais em laboratório) relativamente às propriedades, de diversas naturezas, das estruturas que a constituem.

Ayoub & Mital (1989) reportaram que a articulação L5/S1 é a articulação mais frágil da coluna vertebral. Davis et al. (1965), constataram que no levantamento de cargas, os músculos que constituem a coluna lombar vão gerar *stress* e pressão na cavidade abdominal. Todas as forças exercidas sobre a coluna vertebral dependem de vários factores (predominantemente biológicos e anatómicos) que variam de pessoa para pessoa. As forças compressivas não devem estar na base da concepção dos postos de trabalho, especialmente quando lidamos com elevações assimétricas e com a repetitividade. Actividades que envolvem levantamentos de forma assimétrica são mais penosas quanto ao esforço físico (Kumar, 1980, 1984; Mital & Kromodiharjo 1986) e os efeitos das forças de corte são mais gravosos comparativamente com os das forças de compressão (Mital & Kromodiharjo, 1986). Durante a flexão da coluna, as facetas articulares resistem às forças de corte, mas não às forças de compressão. Ao nível das facetas articulares, as forças de corte estão na origem, em situações graves, da estenose do buraco de conjugação. Elevadas pressões intervertebrais podem conduzir ao aceleração de processos

responsáveis pela degeneração do disco intervertebral, ao passo que elevados valores de forças de corte podem culminar no corte seccional da espinal medula ou lesões nas apófises articulares transversas (Pope et al., 1991).

Partindo do conhecimento gerado pelas análises biomecânicas dinâmicas e dos limites averiguados em estudos epidemiológicos, determinou-se que os factores críticos associados ao levantamento de cargas são: o momento da carga sobre a coluna vertebral (peso da carga; distância horizontal; peso dos segmentos do corpo acima da L5/S1); a velocidade do levantamento; a frequência do levantamento; a assimetria de levantamento (lateralidade e velocidades de rotação) e o ângulo de flexão do tronco no plano sagital (Keyserling, 2000).

Durante o trabalho, os tecidos musculares podem, por qualquer motivo, ultrapassar os limites fisiológicos (elasticidade, plasticidade) e provocar lesões. A contracção permanente dos músculos permite manter uma estabilidade postural e uma rápida prontidão dos músculos para responder às diferentes exigências de uma actividade. Os limites de elasticidade do músculo podem ser facilmente ultrapassados por elevados níveis de força ou contracções rápidas e intensas. Isto pode desencadear o surgimento de pequenas lesões antes da ocorrência da lesão estrutural propriamente dita (Mendes, 2002). Posturas estáticas evidenciam a existência de mecanismos intrínsecos para controlo das “respostas” que ultrapassam os limites fisiológicos de modo a assegurar a segurança do sistema músculo-esquelético (Marras, 2006). Kumar e Davis (1983) estudaram a actividade electromiográfica (EMG) do músculo erector-espinal e a pressão intra-abdominal em duas posturas. A postura estática com carga e a postura dinâmica com elevação de cargas, sendo a mesma carga aplicada em ambas as posturas. Na postura estática com carga, os resultados da EMG e da pressão intra-abdominal foram entre $\frac{1}{3}$ e $\frac{1}{2}$ dos valores obtidos na postura dinâmica com elevação de cargas. Estes autores sugeriram então que um aumento da exigência biomecânica na elevação de cargas ocorria devido ao grande aumento da inércia e à necessidade de estabilidade postural. Esforços dinâmicos podem aumentar a carga biomecânica em 40% (Frievalds et al., 1984). Verifica-se ainda um aumento de 35% dos picos de contracção dos músculos do tronco em situações de elevação esperadas pelo operador, sendo que em situações inesperadas o pico pode atingir os 50% (Marras, 1987). Por outro lado, o aumento da aceleração durante a elevação de cargas aumenta o *stress*, em termos biomecânicos, em cerca de 15 a 20% (Park, 1973 cit. por Chaffin, 1997). Em regra, a abordagem fisiológica centra-se em variáveis como o consumo de oxigénio, o gasto energético e a frequência cardíaca. Estas variáveis são usadas para analisar tarefas quanto à exposição biomecânica, averiguando a ultrapassagem ou não dos limites estabelecidos pela literatura.

Apesar do custo metabólico não estar directamente ligado aos factores biomecânicos, este tem um papel significativo no aparecimento de LMERT na coluna vertebral. Poderá ocorrer devido ao cansaço, fadiga, descoordenação ou ainda de uma destabilização biomecânica da coluna. Movimentos não naturais e sob *stress* podem acelerar o aparecimento da lesão. Por esta razão, o custo metabólico na elevação de cargas é relevante (Mendes, 2002). É necessário ter ainda em conta que o *stress* cumulativo nas estruturas espinais resultantes da elevação de cargas repetitivas não contará para o cálculo (ou avaliação) do custo metabólico, sendo este totalmente dependente de variáveis individuais (exemplo: estado físico, alimentação, entre outros). É usual nesta abordagem recorrer-se a instrumentos de avaliação subjectiva do esforço físico do trabalho (Waters, 1993). Num estudo realizado por Snook e Ciriello (1991), recorreu-se à abordagem psicofísica para determinar como variáveis dependentes: o peso máximo aceitável para o levantamento/depósito; a força máxima aceitável para empurrar/puxar e a altura máxima aceitável para transportar cargas para homens e mulheres (projecção para as 8h de

trabalho). Para tal, fizeram medições no consumo de oxigénio, frequência cardíaca e características antropométricas, tendo como variáveis independentes: a frequência de levantamento, a altura inicial da carga, o peso da carga e as distâncias percorridas (horizontais e verticais). A amostra do estudo podia ajustar a altura e a força à medida que sentia dificuldades em termos de esforço físico ou fadiga. Como resultados obteve-se que para os levantamentos e depósitos simétricos com auxílio das duas mãos, o peso máximo aceitável diminui com o aumento da frequência, da distância de elevação e do tamanho da carga. Além disto, o peso máximo aceitável diminui abruptamente quando o levantamento ou depósito ocorre acima do nível do ombro. A força máxima aceitável para empurrar e puxar cargas com as duas mãos diminui com o aumento da frequência e a distância percorrida. O valor máximo de força para empurrar é obtido quando a pega se encontra aproximadamente à altura do cotovelo. No puxar, os valores máximos de força são obtidos quando as pegadas das cargas estão localizadas próximas ao corpo entre o intervalo da altura do cotovelo e ombros, os valores mínimos registaram-se fora desse intervalo. Por fim, quanto ao transporte, a altura máxima aceitável do peso diminui com o aumento da frequência e distância e o peso máximo aceitável é maior quando o transporte ocorre ao nível da cintura em relação ao transporte ao nível do peito. Ciriello et al. (1993) avaliaram os efeitos da não existência de pegadas no valor do peso máximo aceitável em tarefas com levantamento de cargas, tendo concluído que este valor foi consistentemente menor (redução média de 16%) em comparação com o levantamento de cargas semelhantes mas equipadas com pegadas.

Cada uma destas abordagens possui vantagens e limitações. Por exemplo, a aproximação psicofísica para determinar a capacidade de levantamento foi utilizada para permitir simulações realísticas de situações de trabalho industrial, onde os resultados destes testes são bastante reproduzíveis. Contudo, este método não é objectivo porque se baseia na assunção que as pessoas conseguem perceber as cargas que lhes são seguras. O método fisiológico é útil em determinar as necessidades metabólicas do corpo humano durante as tarefas de MMC, podendo fornecer indicadores de fadiga muscular. No entanto, esta técnica pode negligenciar os factores biomecânicos associados à MMC. Por fim, o método biomecânico pode estimar as forças impostas ao nível da coluna vertebral, mas não é sensível à fadiga muscular se tiver exclusivamente como base modelos estáticos. Portanto, parece razoável que ao avaliar as tarefas de MMC se utilizem estas três abordagens de modo a quantificar melhor a combinação de diversas variáveis (Waters, 1993).

Com base num estudo desenvolvido por Gallagher et al. (1988), concluiu-se que o levantamento de cargas numa postura com flexão dos joelhos deve ter uma atenção especial de análise pelas suas implicações. Nomeadamente, a capacidade de levantamento psicofísico (força) é reduzida na postura com flexão de joelhos em comparação com a postura inclinada, como resultado da reduzida massa muscular que pode ser “recrutada”; o custo metabólico do levantamento nesta postura é maior do que no levantamento com a postura inclinada; os músculos erectores da coluna são mais activos no levantamento de joelhos do que na postura inclinada, pelo que a carga interna da coluna devido à contracção destes músculos deverá aumentar (os músculos do tronco e abdominais são utilizados para controlar movimentos assimétricos na postura ajoelhada). Desta forma, o peso das cargas deve ser calculado de forma cautelosa aquando da movimentação manual neste tipo de postura, associada, em regra, a locais ou espaços confinados.

Fathallah et al. (1997) estabeleceram que tarefas com depósitos de cargas proporcionam actividades musculares do tronco mais consistentes do que as tarefas que implicam levantamento. Gagnon & Smyth (1992) mostraram, também, que levantamentos

mais lentos com aceleração reduzida, enquanto se levanta moderadamente cargas pesadas apresentam menos riscos para a génese de lesões na região lombar.

A investigação inicial sobre o manuseamento manual de cargas incide-se maioritariamente em tarefas de levantamento ou depósito levadas a cabo por uma única pessoa. Como as tarefas de MMC em equipa são requeridas em muitos locais de trabalho, surgiu o interesse, por parte de vários investigadores, na realização de alguns estudos (Karwowski e Mital, 1986; Johnson e Lewis, 1988 cit. por Lee et al., 2001; Karwowski, 1988 cit. por Lee et al., 2001; Rice et al., 1995 cit. por Lee et al., 2001; Sharp et al., 1995 cit. por Lee et al., 2001) nesta temática. Karwowski e Mital (1986) confirmaram que a capacidade de levantamento de cargas em equipa era inferior à soma da capacidade de levantamento individual dos elementos da mesma equipa. Por outro lado, Karwowski (1988) cit por Lee et al. (2001) estudou a capacidade de levantamento de carga dos homens e das mulheres em equipas de dois e determinou que o maior factor na determinação da capacidade de levantamento era a máxima capacidade de levantamento do membro mais pesado da equipa. Rice et al. (1995) cit. por Lee et al. (2001) reportou que Fox (1988) estudou o levantamento de uma equipa com dois homens e descobriu que o único factor na determinação da capacidade de levantamento era a carga máxima aceitável individualmente. Johnson e Lewis (1982) cit. por Lee et al. (2001) estudaram o levantamento em equipas de dois homens e mostraram que o levantamento em equipa resulta numa carga 33% mais aceitável. Sharp et al. (1995) cit. por Lee et al. (2001) também estudou o levantamento individual e em equipas mistas, tendo concluído que a carga máxima aceitável era aproximadamente igual à soma da capacidade de cada um dos indivíduos. Nenhum destes estudos foi conduzido para determinar o efeito na diferença de estaturas numa equipa. Johnson e Lewis (1982) cit. por Lee et al. (2001) reportaram que o “equilíbrio” fornecido pela pessoa no outro lado proporciona uma assistência significativa. Este equilíbrio pode não ser alcançado se houver uma diferença de estaturas significativas.

Os factores de risco que são vulgarmente tidos em consideração juntamente com o factor de risco de movimentação manual de cargas são: a repetitividade, a postura e a força. A **repetitividade** deve ser sempre considerada como factor de risco, tendo um maior ênfase se for associada a outros factores de risco, particularmente da postura (Bernard, 1997). As tarefas muito repetitivas, ou seja, aquelas que envolvem uma elevada frequência na realização de determinados movimentos, condicionam maior tensão muscular e um período de recuperação mais elevado. A necessidade de quantificação da frequência (número de vezes em que ocorrem) de realização de cada gesto durante um ciclo de trabalho é um indicador importante na quantificação do risco potencial de lesão (Cotrim, 2004). De uma forma geral, considera-se que existe repetitividade numa situação de trabalho sempre que se reconhece a execução de movimentos idênticos realizados mais de duas a quatro vezes por minuto, acima de 50% do tempo de ciclo de trabalho, em ciclos de duração inferior a trinta segundos ou realizados durante mais de quatro horas, no total de um dia de trabalho (Serranheira, 2007). Em relação à repetitividade na manipulação manual de cargas, esta pode diminuir a capacidade de elevação até 30%, considerando as oito horas de trabalho (Ayoub & Mital, 1989).

A **postura** pode ser definida de um modo geral como a posição e orientação dos segmentos corporais no espaço. Esta é determinada pelo alinhamento biomecânico, pela orientação espacial das várias zonas corporais, pela posição relativa dos vários segmentos anatómicos e pela posição assumida durante a actividade de trabalho. Cada articulação possui um intervalo com um limite mínimo e máximo de graus de liberdade e de amplitude de movimento. Quando o movimento se encontra num dos extremos designa-se como postura extrema, o que se traduz num aumento do risco de LMERT (Uva et al., 2008). A influência da postura de trabalho sobre as LMERT deve ser abordada em três níveis: 1)

postura nos limites funcionais de amplitude articular; 2) postura onde a gravidade impõe uma carga suplementar sobre a(s) articulação(ões) e 3) postura que ocasiona constrangimentos sobre os tecidos (Hagberg et al., 1995). Toda a posição conducente a que a força de gravidade ou outras cargas externas desencadeiem momentos de força sobre uma ou mais articulações causará cargas estáticas, cuja manutenção prolongada poderá causar LMERT (Takala & Viikari-Juntura, 1991). Por outro lado, as posturas que ocasionam constrangimentos mecânicos sobre os diferentes tecidos aumentam a carga mecânica exercida sobre os tendões, músculos ou outros tecidos conjuntivos, bem como a redução da tolerância dos mesmos (Brandão, 2003). Ayoub & McDaniel (1974) identificaram que a postura adoptada para a realização da actividade tem um papel fundamental na capacidade de força nas actividades de puxar e empurrar cargas e é provavelmente muito importante na etiologia das lesões da coluna lombar, resultante destas duas tarefas. Potvin (1991) referiu que durante tarefas de levantamento de cargas, o risco de lesões na coluna vertebral aumenta mais pela postura (grau de flexão do tronco) do que pelas estratégias adoptadas para a elevação. A postura influencia determinantemente as capacidades máximas de força estática e dinâmica (Kumar & Garand, 1992); no entanto, posturas de flexão do tronco com combinação de flexão lateral ou rotação implicam uma maior produção de força por parte dos músculos antagonistas do movimento, para a estabilidade corporal resultando em situações de registo de valores mais elevados relativamente aos momentos flexores, forças de corte e forças de compressão ao nível dos discos intervertebrais (Pope et al., 2002).

Todas as tarefas de trabalho obrigam os operadores à produção de níveis diferenciados de **força** por parte dos músculos solicitados num determinado movimento. É necessário a este nível fazer a distinção conceptual de dois tipos de aplicação de força: o trabalho muscular estático e o trabalho muscular dinâmico. O primeiro engloba a actividade resultante da repetição ou do prolongamento de contracções de um ou vários grupos musculares (Faria, 1985 cit. por Serranheira, 2007) e corresponde à existência de contracções isométricas breves ou prolongadas. Neste tipo de trabalho, o aporte sanguíneo ao músculo é menor, o que conduz rapidamente à instalação de fadiga e, em situações prolongadas, à dor. O trabalho dinâmico caracteriza-se pela alternância rítmica de contracção (tensão) e alongamento das fibras musculares (relaxamento). Em algumas circunstâncias podemos ter a activação de grandes grupos musculares para a realização de trabalho muscular, o que requer um maior aporte de nutrientes e oxigénio. Consequentemente, uma maior exigência é colocada ao sistema cardiocirculatório (Cotrim, 2004). Kumar (1991) demonstrou, de forma geral, que em tarefas de manipulação e elevação de cargas com os membros superiores, a aproximação da carga ao corpo permite a obtenção de maiores índices de força. A força exercida por qualquer operador relativamente ao manuseamento de cargas depende de forma significativa do alcance, onde variações que possam surgir a este nível possuem implicações na força máxima isométrica (Kumar & Garand, 1992). Na avaliação da força é necessário ainda ter em consideração: a postura, a massa muscular mobilizada, a velocidade de aplicação de força, a duração da contracção muscular, a repetição dos períodos de aplicação da força, a natureza de actividade, a alternância entre períodos de actividade/recuperação e a avaliação da intensidade do esforço (Serranheira, 2007). Segundo Kumar (2001), actividades ocupacionais que requerem força, movimentos repetitivos e posturas prolongadas causam tensão indevida no sistema músculo-esquelético.

O corpo humano, quando em contacto com **vibrações**, comporta-se como um sistema mecânico complexo. As vibrações têm efeitos distintos sobre os diversos órgãos. Podem afectar todo o corpo induzindo consequências de acordo com o modo como são transmitidas às diferentes zonas corporais. A transmissibilidade dá-se em função das características físicas do operador, da postura associada a uma tensão muscular (assumidas durante a actividade de trabalho) e das características das vibrações, em

particular a sua frequência e direcção (Serranheira, 2007). As vibrações, enquanto factor de risco para LMERT na coluna vertebral, possuem evidências epidemiológicas insuficientes, isto é, por si só não conduzem ao desenvolvimento de LMERT, sendo que, em muitos dos casos não está comprovada a relação existente entre estas duas. É de referir que as vibrações possuem evidências epidemiológicas enquanto factores de risco, combinadas com outros factores ou individualmente, de determinadas LMERT ao nível do punho e mãos-braços (Brandão, 2003).

Diversos estudos que exploraram os padrões motores de recrutamento resultantes da fadiga (Marras e Granata, 1997a, b; Parnianpour et al., 1988; Sparto et al., 1997a) sugerem que o levantamento de cargas repetitivo ao longo de um período prolongado pode realmente influenciar o padrão de recrutamento motor, resultando em mudanças no padrão de carga sobre a coluna vertebral. Através de um estudo desenvolvido por Marras et al. (2006), evidenciou-se que a carga exercida sobre a coluna vertebral reflecte a experiência do operador e que os programas motores são seleccionados com base na experiência deste face a tarefas de MMC. O perfil de recrutamento é influenciado pela duração e frequência do levantamento mas, também, pelo próprio peso do objecto manipulado. As descobertas deste mesmo estudo indicam que a carga sobre a coluna resulta de uma reflexão do programa motor de resposta, o qual é afectado pela experiência de trabalho e redistribuição da actividade muscular durante um dia de trabalho. Os resultados mostraram ainda que testes biomecânicos sobre curtos períodos de tempo não contemplam e até subestimam o efeito cumulativo da fadiga e coactividade muscular.

Mesmo que a investigação não seja totalmente conclusiva sobre o estilo mais seguro para o levantamento de cargas, a técnica que tem sido mais defendida é o levantamento de cargas por agachamento, em que as costas estão relativamente direitas, havendo uma grande participação dos membros inferiores que na postura inicial estão em flexão. Muitas das razões apontadas para a defesa desta técnica são: o centro de gravidade da carga manuseada pode ser realizado mais próximo do corpo, minimizando a torção; os músculos fortes dos membros inferiores auxiliam a elevação da carga; o movimento do peso do corpo é usado para iniciar o movimento horizontal durante o levantamento; a activação precoce do músculo erector da espinha traduz-se numa redução da tensão sobre a coluna lombar; uma redução da altura do centro de massa corporal produz efeitos positivos no equilíbrio e, finalmente, os músculos isquiotibiais operam perto da extensão de repouso o que permite um melhoramento na eficiência da estabilização da pélvis (Abdulrahman, 2004).

O levantamento assimétrico de cargas foi também alvo de muitos estudos, tendo concluído que é mais perigoso para o sistema músculo-esquelético quando as cargas são elevadas ou transportadas de um lado apenas ou noutros planos que não o sagital. O manuseamento de cargas inesperadas (variabilidade de pesos) pode proporcionar um aumento do risco de lesão, independentemente da estratégia de colocação do pé (exemplo: um pé encontra-se colocado no lado da carga e outro por detrás da carga) em levantamentos simétricos. Verificou-se ainda uma contribuição mais representativa dos músculos abdominais na estabilidade da coluna nestas situações do que no levantamento de cargas estáveis. Embora existam opiniões divergentes sobre o papel da pressão intra-abdominal (IAP) na redução das tensões exercidas sobre a região lombar, é reconhecido que esta surge como acompanhamento normal durante o levantamento de cargas e é importante no apoio à coluna lombar nestas situações (Abdulrahman, 2004).

A **obesidade** é uma das temáticas sobre a qual a Organização Mundial de Saúde se tem debruçado devido ao seu aumento acrescido nos países desenvolvidos ou em vias de desenvolvimento, atingindo de forma significativa a população operadora com implicações

quer na qualidade de vida, quer em contexto ocupacional. A obesidade tem sido um argumento de estudo face às suas consequências a vários níveis (biomecânicos, fisiológicos, entre outros). No entanto, alguns investigadores têm-se debruçado na relação existente entre obesidade e tarefas de MMC. O principal indicador de medida da obesidade recorrente nos diversos estudos existentes na literatura, é o índice de massa corporal (IMC), em que considera indivíduos com índice entre 18,5 a 25kg/m² normais, entre 25 e 30kg/m² sobrepeso, entre 30 e 40kg/m² obesos e mais de 40kg/m² obesidade extrema (World Health Organization, 1998). Contudo, a actual pesquisa epidemiológica não demonstra de forma conclusiva uma ligação entre a sintomatologia das LMERT na coluna vertebral e o índice de massa corporal. Leboeuf-Yde (2000) fez uma revisão sistemática da literatura de 65 estudos mostrando uma fraca associação estatística positiva entre o peso do corpo e as queixas de dor na coluna vertebral (zona lombar). Um estudo levado a cabo por Xu, et al. (2008) teve como objectivo investigar as diferenças de padrões de levantamento de cargas entre pessoas obesas e pessoas com um peso normal. Consideraram como hipótese de investigação que os indivíduos obesos fazem movimentos de levantamento mais lentos para reduzir a carga nos músculos e nas estruturas passivas da coluna vertebral. Em contraste com esta hipótese, os resultados obtidos demonstraram o oposto, o que segundo estes autores, questiona a utilidade do índice de massa corporal como medida de obesidade, referindo que é necessário a utilização de medidas mais apropriadas de obesidade que permitam fazer a distinção entre um operador que esteja realmente “fora de forma” com um certo IMC e um operador com o mesmo valor de IMC mas com uma composição corporal mais saudável e maior funcionalidade ocupacional. É necessário, assim, mais investigações relativamente às estratégias operatórias do ser humano no que diz respeito a tarefas de MMC (levantamento e depósito) entre pessoas obesas e pessoas com um peso normal, de forma a fornecer informações adicionais nesta potencial preocupação de saúde e segurança ocupacional. Um estudo realizado por Singh (2009) demonstrou estatisticamente que a obesidade não reduz a altura máxima aceitável para tarefas de levantamento de cargas, tendo recorrido também ao IMC enquanto medida de obesidade.

A Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (2007) estabeleceu um conjunto de instruções para a concepção dos postos de trabalho que implicam a realização de tarefas com MMC. Antes do levantamento de cargas os operadores devem planificar e preparar-se para a realização dessas tarefas, certificando-se relativamente aos seguintes factores constrangedores: o destino da carga transportada; a ausência de obstáculos durante o percurso e a utilização de pegadas para manipular a carga, se possível. Para o levantamento de cargas os operadores devem: 1) colocar um pé de cada lado da carga e o corpo sobre a mesma, se tal não for possível, tentar colocar o corpo tão próximo da carga quanto possível; 2) utilizar os músculos dos membros inferiores (MI) para se erguerem; 3) evitar ao máximo a flexão da coluna; 4) colocar a carga tão próxima quanto possível do corpo; 5) levantar e transportar a carga com os membros superiores em flexão e a favor da força de gravidade (redução da carga estática do membro superior). Nos casos que envolvam empurrar e puxar é importante que a carga seja empurrada e/ou puxada com recurso ao peso do próprio corpo, onde o apoio plantar ao nível do solo deve permitir estabilidade corporal e boa dissipação de forças. Nestas situações os operadores devem inclinar-se para a frente quando empurram e para trás quando puxam, evitando ao máximo a ocorrência de flexão lateral ou rotação do tronco.

III - OBJECTIVOS DO ESTUDO

Decorrente do pedido que levou à origem deste estudo e que se prende com o transporte e movimentação manual de cargas no Sector de Recuperação, Tratamento e

Enchimento de CO₂, foram estabelecidos e definidos um conjunto de objectivos que se anunciam seguidamente.

Objectivos Gerais:

- Efectuar uma Análise Ergonómica sobre a actividade profissional dos operadores do Sector de Recuperação, Tratamento e Enchimento de CO₂.

Objectivos Específicos:

- Identificar os factores de risco para a saúde dos operadores, associados ao ambiente de trabalho;
- Averiguar se o limite de peso recomendado para a elevação de cargas é respeitado;
- Avaliar a exposição biomecânica associada ao transporte e MMC;
- Analisar os efeitos para o sistema músculo-esquelético das estratégias colocadas em prática pelos operadores relativamente ao transporte e MMC;
- Simular algumas das situações de maior risco de exposição biomecânica, considerando várias estratégias, de forma a estipular uma aproximação das forças axiais, forças de corte, momentos flectores e pressões intradisciais.

IV - ANÁLISE ERGONÓMICA

4.1 - Análise do Pedido

Este estudo teve origem num pedido formal realizado pela SCC, S.A. à Faculdade de Motricidade Humana, especificamente, à secção autónoma de Ergonomia. Estando os Serviços de Higiene, Segurança e Saúde (SHSS) da empresa consciencializados pela problemática das LMERT, surgiu uma necessidade de concretizar um estudo ergonómico dos postos de trabalho que se encontra associado a elevadas exigências físicas de movimentação de cargas. Esse posto de trabalho encontra-se inserido na Secção de Recuperação, Tratamento e Enchimento de CO₂. Como o pedido se centra numa das áreas da prática profissional da Ergonomia, não será necessário uma reformulação do mesmo, o que culminou na aceitação do estudo. É através da descrição do pedido que será conduzido todo o processo de intervenção ergonómica, tendo início na pesquisa de informações pertinentes por consultas ou visitas e no conhecimento da empresa, que de seguida se apresenta.

4.2 - Caracterização da Empresa*

4.2.1 - Apresentação da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.

A Sociedade Central de Cervejas (SCC*) foi fundada em 1934 por quatro das mais antigas e prestigiadas cervejeiras portuguesas (Portugália, Estrela, Fábrica de Cervejas de Coimbra e Jansen), tendo a marca de cerveja Sagres nascido em 1940, como cerveja de prestígio, criada por ocasião da Exposição do Mundo Português, em Maio de 1940. Em Junho de 1968 é inaugurada a fábrica de Vialonga, considerada na altura a mais moderna fábrica de cerveja da Europa sendo, ainda hoje, a maior fábrica do sector em Portugal. Com a nacionalização da empresa em 1975 foi criada a Central de Cervejas (CENTRALCER), Entidade Pública (E.P.), em consequência da fusão da SCC* e da Cervejas de Portugal (CERGAL). Em 1990, o capital da empresa foi totalmente privatizado, tendo ocorrido ao longo dos anos seguintes modificações na constituição do capital accionista com fusões e incorporações. Em 2003, o grupo cervejeiro internacional Scottish&Newcastle (S&N) passou a deter o controlo total da SCC*, S.A. e da Sociedade da Água do Luso (SAL), S.A.. A empresa passou a designar-se a partir de Dezembro de 2004, Sociedade Central de Cervejas e Bebidas (SCC), S.A. No ano de 2007, após ter sido estabelecido um consórcio entre o Grupo da Carlsberg e da Heineken, teve lugar um processo de oferta de compra do

*Toda a informação neste subcapítulo provém do cruzamento das seguintes fontes: Heineken International (2010); <http://www.centralcervejasbebidas.pt>

grupo S&N por este consórcio. Como resultado das negociações, concretizou-se a aquisição tendo a Heineken assumido, em 29 de Abril de 2008 o controlo da SCC, S.A..

A SCC, S.A. possui uma estrutura orgânica (figura 2) que compreende uma hierarquização específica entre todos os departamentos e divisões. A estrutura orgânica apresentada não pretende ser exaustiva. Pretende-se apenas fazer referência ao topo da hierarquia e à sua ligação com os diversos departamentos, dando ênfase aos que se relacionam com o estudo em causa: o departamento de Maltagem & Fabricação de Cerveja (onde se encontra inserido o Sector de Recuperação, Tratamento e Enchimento de CO₂) e o de Saúde (medicina no trabalho). No topo desta hierarquia está a comissão executiva, responsável pela tomada de decisões. A Direcção Geral de Operações, que engloba todos os processos de produção, está representada por uma ligação tracejada porque possui dois tipos de dependência: uma de natureza funcional à comissão executiva e outra de natureza hierárquica ao Director de Operações da Europa Ocidental do Grupo Heineken.

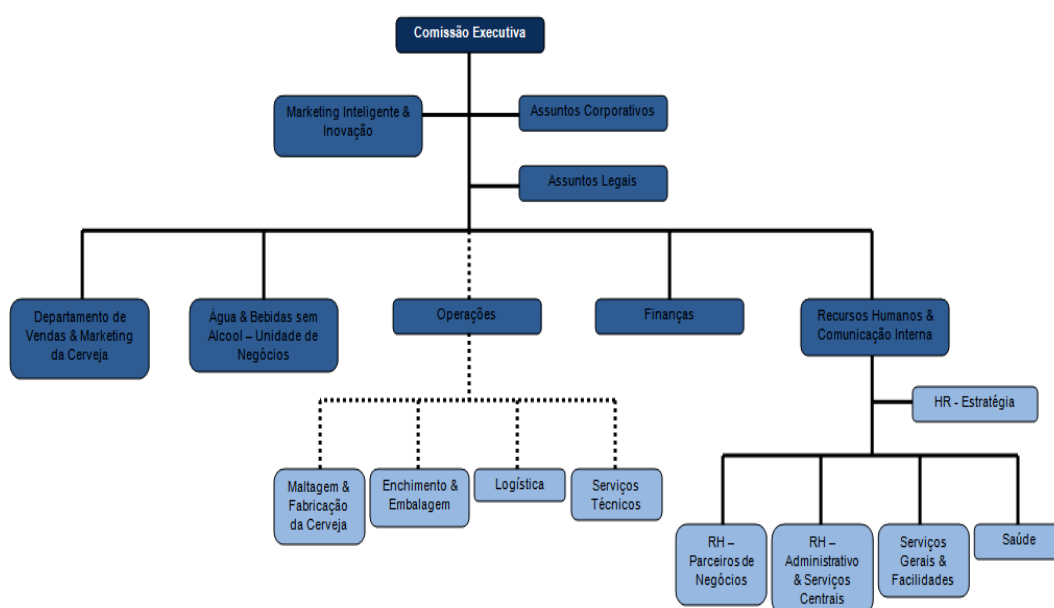


Figura 2: Representação das unidades orgânicas existentes na SCC, S.A. (adaptado da ordem de serviço correspondente à organização departamental da SCC, S.A.).

Em 2011, a empresa tinha uma dimensão humana constituída por 675 pessoas (494 do género masculino e 181 do género feminino), com uma média de idades de 41,59 anos. Os tipos de habilitações literárias que se destacam pela maior abrangência de pessoas são o ensino secundário, o ensino superior e o inferior ao 3º ciclo do ensino básico, sendo que este último tem sido reduzido com o surgimento do programa “Novas Oportunidades” (Balanço Social, 2011). A SCC, S.A. possui uma contratação com uma empresa prestadora de serviços responsável por toda a manutenção interna da empresa nas instalações e equipamentos, como de obras de “pequena” dimensão. Em casos mais complexos pode-se recorrer à abertura de concursos “públicos”/externos para determinadas especificações (obras de grande dimensão, resolução de avarias mais complexas, entre outras). A dimensão humana referida anteriormente não contabiliza a mão-de-obra cedida em contratação de prestação de serviços.

A SCC, S.A. tem como principal actividade a produção e a comercialização de malte e cerveja, pertencendo, assim, ao Sector Secundário de Actividade Económica, mais concretamente ao ramo da Indústria de Cerveja. A SCC, S.A. possui três unidades

industriais, a saber: a Fábrica de Vialonga, a Fábrica do Luso e a Fábrica do Cruzeiro, onde são captadas as águas minerais e de nascente Luso e Cruzeiro. É na fábrica de Vialonga (figura 3) que são produzidas e engarrafadas as marcas de cerveja Sagres e as suas variantes, com e sem álcool, bem como outras específicas destinadas a clientes e mercados de exportação. A Sagres é a marca líder do mercado nacional desde 2009, tendo como principal concorrente a Super Bock. Quanto a projectos de investimento inovadores, para além dos desenvolvidos para o mercado nacional, a SCC, S.A, tem apostado de forma significativa no mercado angolano, no que toca a exportações da marca Sagres e na aquisição de parcerias.

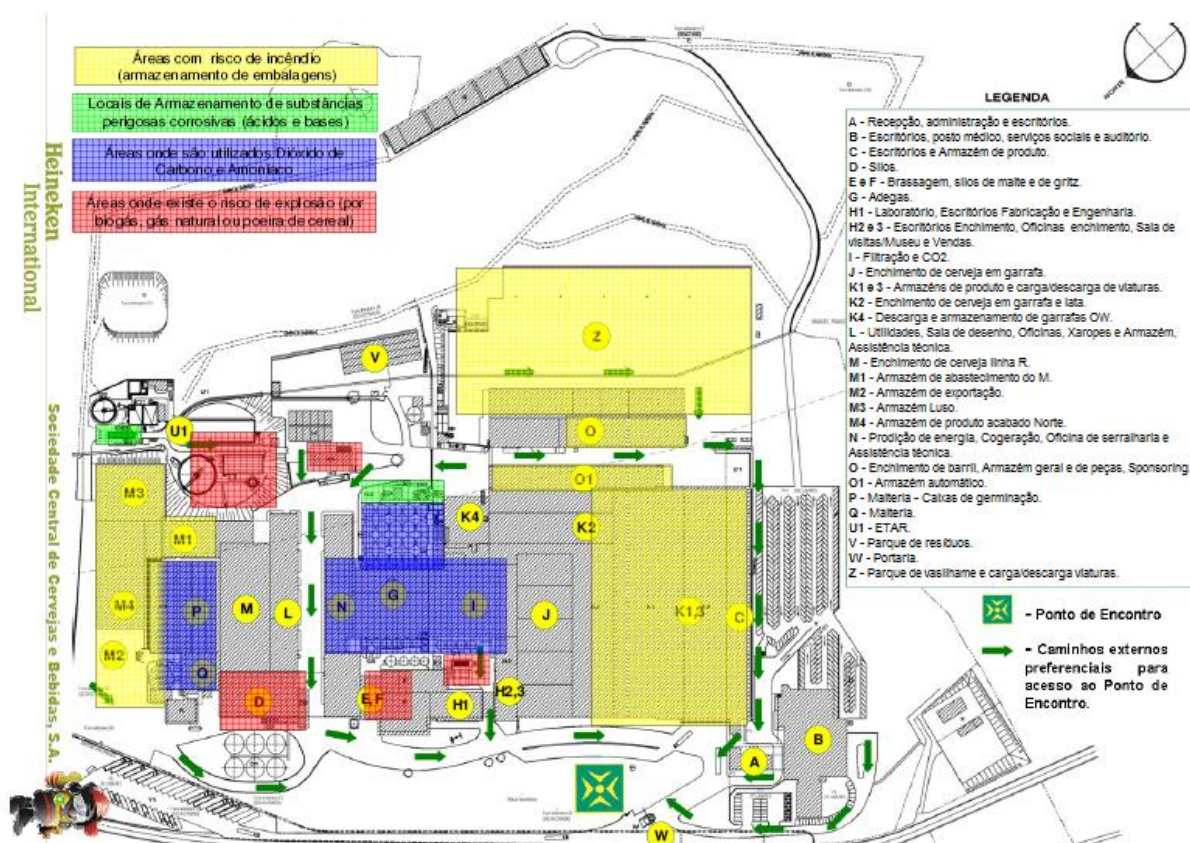


Figura 3: Planta da Fábrica de Vialonga (retirada e adaptada do Manual de Segurança, Ambiente e Saúde - Fábrica de Vialonga).

A SCC, S.A., para transmitir de forma clara o seu compromisso, definiu conceitos que descrevem as forças distribuídas e empregues como ponto de partida para o planeamento formal, que fornecem uma orientação necessária para garantir a coerência entre esforços dedicados e resultados obtidos. Esses conceitos são a Visão “Juntos fazemos as marcas que as pessoas adoram beber”, a Missão “Ser reconhecida como a melhor empresa de bebidas em Portugal, com um crescimento sustentado e gerando uma sempre melhor rentabilidade do capital investido”, os Objectivos Estratégicos (foco na marca; no consumidor e no cliente; numa cultura ganhadora; na eficiência operacional e na inovação), e, por fim, os Valores Comportamentais (que se resumem em: espírito e trabalho de equipa; velocidade e sentido de urgência; compromisso com os objectivos; inovação e espírito empreendedor).

No que diz respeito à produção, a Fábrica de Vialonga produz de forma contínua, isto é, em três turnos diários, adaptando os seus processos de fabrico face às exigências do

consumo de cerveja nos mercados. A sazonalidade de fabrico é então influenciada por fenómenos culturais e climatéricos. Neste caso, é de esperar que o pico máximo de produção e de movimentação se registre nos meses que correspondem maioritariamente à época de estação da Primavera e crucialmente de Verão (meses considerados época alta: Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro e Dezembro), em contrapartida, meses atribuídos às estações de Outono e de Inverno constituem a época baixa (meses considerados época baixa: Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Outubro e Novembro). Com as alterações climatéricas que se têm vindo a sentir, é possível que a sazonalidade da prestação de serviços por parte da SCC, S.A., seja mais evidente ou eventualmente se torne mais uniforme ao longo dos 12 meses.

A concorrência entre empresas tornou-se bastante intensiva com o aumento das exigências dos consumidores e com a diversidade de oferta existente no mercado livre, tendo a inovação, a criatividade e a gestão interna da empresa papéis importantes na imagem que a mesma pretende transmitir. Uma das preocupações que a maioria das empresas possui nos dias de hoje é a certificação face a requisitos legais, normativos e regulamentares. A SCC, S.A. é detentora de certificação quanto à implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade segundo a ISO 9001 (desde 1996) e de um Sistema de Gestão do Ambiente segundo a ISO 14001 (desde 2008). Em 2011 conseguiu ser a primeira empresa cervejeira nacional a obter certificação com a implementação de um Sistema de Gestão da Segurança Alimentar segundo a ISO 22000.

Com a implementação do sistema de gestão Total Productive Maintenance (TPM) formam-se equipas responsáveis por vários pilares (como por exemplo: o ambiente, a segurança alimentar, a segurança no trabalho, a qualidade, a formação, a gestão autónoma da manutenção, entre outros), culminando num especial ênfase à manutenção integrada preventiva e preditiva. Esta gestão tem como visão “Zero acidentes, melhor saúde e menor impacto no ambiente” e uma missão de “Promover uma política de prevenção, de compromisso e envolvimento de todos na melhoria contínua, tendo em vista a construção de um ambiente de trabalho seguro e saudável, bem como a minimização dos impactos ambientais”. Como exemplos de sistemas aplicados por estas equipas estão o Hazard Analysis Critical Control Points (HACCP) que permite identificar e controlar perigos que são significativos para a segurança alimentar, o 5S-Housekeeping (referente à organização e limpeza dos locais de trabalho), o 5-Porquês (resolução de problemas/análise de acidentes de trabalho ou outros) e outros sistemas associados ao controlo do consumo de água, de energia, de produção de resíduos, de emissão de partículas, entre outros.

A SCC, S.A., em cada área operacional assegura a existência de uma avaliação de riscos levada a cabo com a participação dos elementos da equipa de higiene e segurança no trabalho, das chefias de cada secção e com os empreiteiros ou prestadores de serviço (que consta em caderno de encargos). As análises de riscos das actividades desenvolvidas dentro da empresa são do conhecimento dos colaboradores e encontram-se disponíveis nas respectivas áreas de trabalho para consulta regular. É importante referir que ocorrem várias auditorias, inspecções, acções de formação e visitas com equipas de outras instalações fabris pertencentes à Heineken, de forma a possibilitar a partilha de conhecimentos e a génese de ideias.

4.2.2 - Processo de Fabrico da Cerveja na Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.

O processo de fabrico da cerveja é constituído por três grandes fases, que podem conter várias etapas que lhes são características: a fabricação do malte, a fabricação da

cerveja e, por último, o enchimento e embalagem. Antes de iniciar a apresentação simplificada de todo o processo de fabrico é preciso referir algumas particularidades, nomeadamente, o facto de a água ser uma das matérias-primas mais importante em todo o decurso da produção da cerveja, tendo uma grande representatividade na constituição química final da mesma. O controlo do pH da água e a composição iónica da mesma deve ser rigoroso.

O cereal mais usado para a fabricação de cerveja é a cevada, apesar de diversos outros cereais, como o milho, arroz, trigo e aveia também poderem ser utilizados. A cevada tem características que a tornam mais adequada para a produção de cerveja do que outros cereais. A par do cereal principal optado pode ainda recorrer-se aos adjuntos derivados de cereal (malte, arroz, *gritz* de milho, sorgo de açúcar e xarope de milho), utilizados para a produção de mosto da cerveja, que são definidos como uma fonte de carboidratos não malteados de composição e propriedades adequadas ao uso como matérias-primas complementares para o principal componente, o malte. Esses elementos são adicionados na fase de fabricação do mosto, proporcionando material fermentável adicional. A SCC é regulada pela legislação do grupo a que pertence relativamente ao emprego de adjuntos, utilizando apenas uma variação de 25 a 45% de adjuntos do malte, sendo esses a cevada, o *gritz* e o xarope de milho. Existem ainda adjuntos de fabricação com funções de antioxidantes, estabilizantes, acidulantes e antiespumantes.

As leveduras são capazes de metabolizar açúcares tanto em presença de oxigénio (aerobiose, respiração) produzindo mais energia, ou em ausência de oxigénio, produzindo menos energia (anaerobiose, fermentação alcoólica). As leveduras são responsáveis por quatro mudanças importantes na fermentação: a transformação dos açúcares em álcool; a formação de ácidos e remoção de tampões baixando o pH; a carbonatação, causada pela formação de CO₂ e a produção e libertação de vários compostos metabólicos, normalmente em baixas concentrações. As características de sabor e aroma de qualquer cerveja estão determinadas de forma preponderante pelo tipo de levedura utilizada. O tipo e a concentração de vários produtos formados durante a fermentação são o que primariamente determinam o sabor da cerveja. A formação desses compostos depende do processo metabólico do cultivo da levedura. Existem, na indústria de cerveja, dois tipos de leveduras: as leveduras de baixa fermentação entre os 7-15°C de longa duração (7 a 10 dias) que são responsáveis pela produção de cervejas do tipo *lager* (usadas na SCC) e as leveduras de alta fermentação entre os 18-22°C de curta duração (3 a 5 dias) que são responsáveis pela produção de cerveja do tipo *ale*.

4.2.2.1 - Fabricação de Malte

Chama-se malte a um grão de cereal, geralmente cevada, germinado durante um período limitado de tempo e de seguida seco, de forma a permitir a sua conservação durante períodos prolongados. A cevada é transportada para a Malteria de Vialonga em camiões auto-basculantes que descarregam a cevada no cais específico para a recepção da mesma. Após descarregada, a cevada é limpa e armazenada em silos para posterior utilização na fabricação do malte. É de salientar que a SCC utiliza, na produção de cerveja, cevada dística nacional, numa elevada percentagem, recorrendo às melhores cevadas cultivadas em Portugal e na Europa. O processo de maltagem é longo e natural; no espaço de sete dias a cevada passa por três fases: a molha, a germinação e a secagem.

Para a fase inicial do processo de maltagem é necessário garantir o armazenamento da cevada em condições ideais, isto é, esta deve ter, ao chegar à fábrica de Vialonga, uma humidade de 10 a 13%. Na fase da molha, que tem a duração de 12 a 14 horas, a cevada, depois de limpa e calibrada, é imersa em tinas (existem nas instalações de Vialonga quatro

tinhas de molha) com recirculação de água e arejamento, alternando-se com períodos a seco, até que atinja um teor de humidade de cerca de 42% para começar a germinar. No final da molha, a cevada é enviada para a caixa de germinação. A germinação é a fase mais importante do processo de maltagem. Depois da molha, a cevada é transferida para uma caixa de germinação (nas actuais instalações de Vialonga existem cinco caixas) onde vai ficar submetida a um regime de humidade, temperatura e arejamento controlados. É durante a germinação que vão ser formadas e activadas as enzimas de desagregação dos tecidos de reserva da cevada, permitindo que o amido dos grãos se solubilize e degrade quando utilizado na brassagem. A germinação tem uma duração média de cinco dias, no final da qual a cevada (que nesta fase já se chama malte verde) é transferida para as estufas de secagem. Quando o processo de desagregação é julgado suficiente, a germinação é interrompida, secando o malte até teores em humidade da ordem dos 4%. A secagem é feita em estufa, por circulação de ar quente através do malte durante cerca de 18 horas. As temperaturas e os tempos de secagem variam consoante a qualidade do malte que se pretende obter. Essa temperatura é rigorosamente controlada de forma a evitar ao máximo a destruição das enzimas existentes.

A cevada e o malte são armazenados separadamente em silos de betão, os quais asseguram as condições ideais de armazenagem, indispensáveis para uma boa conservação destas matérias-primas. O malte armazenado nos silos é posteriormente enviado para a fabricação do mosto ou pode ser carregado em contentores, camiões ou ensacado para venda a clientes externos. Todo o processo de maltagem é acompanhado por rigorosos critérios de controlo da qualidade. No laboratório de Malteria são efectuadas diversas análises: proteína, capacidade germinativa, humidade, calibragem do grão, etc. O processo tem início com um apertado controlo da qualidade da cevada antes da recepção, até ao controlo dos parâmetros do processo de maltagem. É também neste local que se efectuam testes de maltagem numa instalação piloto que permite testar novas variedades de cevada para malte (micromaltagem).

4.2.2.2 - Fabricação da Cerveja

A fabricação da cerveja é constituída por várias fases: a produção do mosto, a propagação das leveduras, a clarificação e arrefecimento do mosto, a fermentação e guarda, a recuperação de CO₂ e a filtragem.

A produção do mosto (ou brassagem) é levada a cabo nas salas de fabrico com as tradicionais caldeiras em cobre e corresponde à mistura e modificação das matérias-primas, com vista à obtenção de um mosto para fermentar com as características pretendidas. Nas instalações da Fábrica de Vialonga existem três salas de fabrico que trabalham em paralelo, cada sala de fabrico é composta por três caldeiras, um filtro e um tanque de clarificação do mosto (*whirlpool*). Na sala de brassagem, o amido do malte e do *gritz* de milho são transformados em açúcares fermentescíveis. Esta reacção só ocorre na presença de enzimas formadas durante a germinação da cevada. Na caldeira de empastagem, o malte, depois de convenientemente moído, é misturado com água. Simultaneamente, na caldeira das caldas, o *gritz* de milho é misturado com água e com algum malte que fornece as enzimas necessárias à transformação do amido do *gritz*, regressando depois para a caldeira de empastagem onde se completa a sacarificação. As temperaturas das caldeiras são então progressivamente elevadas, de forma a favorecer as reacções químicas. Ao fim de cerca de três horas, a fracção sólida é separada no filtro e o mosto enviado para a caldeira de fervura. Na caldeira de fervura, o mosto é sujeito a uma ebulição violenta durante, aproximadamente, hora e meia. Durante a fervura, é adicionado o lúpulo (*Humulus lupulus*) que contém substâncias que, a altas temperaturas, sofrem transformações químicas e conferem à cerveja o aroma e amargor característicos. O lúpulo contém substâncias

amargas que resultam da mistura de vários ácidos e resinas que, para além de terem o efeito anteriormente referido, são ainda inibidores de crescimento microbiano e evitam a formação de espuma durante a fervura. Para além da lupulagem, a fervura promove a esterilização do mosto, a coagulação das proteínas e a remoção de compostos voláteis indesejáveis. Todos os tempos, temperaturas e pH's de cada passo são rigorosa e automaticamente controlados e registados, garantindo a homogeneidade, fabrico após fabrico.

No que diz respeito à propagação de leveduras, a estirpe de levedura é seleccionada de acordo com o tipo e características da cerveja que se pretende obter, uma vez que é principalmente a levedura que, através do processo de fermentação, confere à cerveja as suas características aromáticas (a SCC utiliza espécies de leveduras pertencentes ao género *Saccharomyces*). Para a obter nas quantidades necessárias à escala industrial, é necessário começar pela sua propagação (multiplicação). A propagação da levedura inicia-se no laboratório de microbiologia, partindo de uma pequeníssima amostra e, após a fase de propagação laboratorial, inicia-se a propagação industrial. A Fábrica de Vialonga possui uma moderna instalação de propagação, concebida de acordo com os mais altos padrões de higiene, segurança e qualidade, sendo totalmente automatizada. Todas as etapas de propagação são alvo de um minucioso controlo microbiológico que garante a pureza da levedura. Finalmente, a levedura obtida entra no processo de fermentação da cerveja, existindo durante todo o processo um controlo elevado relativamente à existência de determinadas bactérias contaminantes, pois sabe-se que estas são agentes deterioradores comuns da cerveja.

O mosto, após a fervura, é enviado para um tanque “rotapool” ficando em repouso cerca de uma hora. As proteínas coaguladas durante a fervura depositam-se no fundo do “rotapool” e são removidas. O mosto decantado é arrefecido num permutador onde circula em contracorrente com água fria. A água aquecida é armazenada e utilizada nos fabricos seguintes. O mosto arrefecido é arejado e de seguida inoculado com a levedura antes de ser enviado aos fermentadores.

Na fermentação, os açúcares fermentescíveis do mosto servem de meio nutriente a um microrganismo chamado de levedura. O mosto é fermentado em tanques fermentadores cilíndricos (OT) e em cilindrocónicos (CC) que são iguais diferindo apenas quanto à forma, durante aproximadamente sete dias ao longo dos quais a temperatura é rigorosamente controlada. Finda a fermentação, a temperatura é reduzida bruscamente, o que provoca a precipitação da levedura, que é removida pelo fundo do fermentador. A levedura, cuja estirpe é rigorosamente seleccionada, é recolhida para reutilização em fermentações sucessivas. A levedura transforma açúcares fermentescíveis em álcool, alguns ésteres, ácidos e álcoois superiores, dióxido de carbono e calorias, e o mosto dá lugar à cerveja. A cerveja é então enviada para os tanques de guarda (horizontais ou verticais) onde, ao longo de 15 dias e com a permanência a baixas temperaturas (0 a -1,5°C), vai apurando as suas características organolépticas e estabilidade coloidal.

O dióxido de carbono (CO₂) é encarado como sendo um subproduto do decurso da fabricação da cerveja, sendo esse recuperado e purificado através de um processo específico que será descrito e aprofundado na apresentação do sector de recuperação, tratamento e enchimento de CO₂.

Terminada a guarda, a cerveja passa sucessivamente por filtros que lhe conferem o brilho e a transparência característica. O processo de filtração é realizado usando como adjuvante terras de diatomáceas. A cerveja filtrada é guardada em tanques de onde, após o controlo de qualidade e prova, segue para o enchimento de garrafas, latas e barris.

4.2.2.3 - Enchimento e Embalamento da Cerveja

Cada vasilhame (garrafas, latas ou barris) possui características próprias no que toca ao enchimento e embalamento, o que implica a existência de linhas próprias para o seu processamento (tabela 2). O tipo de tara é uma variável associada à estratégia no âmbito ambiental no que toca ao material que constitui o produto final, tendo implicações diversas nas instalações e modos de funcionamento das próprias linhas de enchimento e embalamento. As linhas que possuem tara retornável são as que reutilizam materiais já existentes e comercializados pela própria empresa após um processo de limpeza que envolve água, soda cáustica e outros produtos de limpeza e desinfecção; por sua vez, as linhas que possuem tara perdida são linhas que utilizam materiais novos com processos de limpeza mais simples. A cadência de cada linha é apresentada por um valor médio que engloba os volumes de enchimento em causa.

Tabela 2: Apresentação das linhas de enchimento e a sua caracterização (adaptado de placares informativos existentes nas áreas de produção).

Vasilhame	Número da Linha	Cadência (nº de tubos / hora)	Capacidades de enchimento (L)	Tipo de Tara
Garrafas	1	64.000	0,25 ou 0,33	Retornável
	2	52.000	0,20 ou 0,33	Retornável
	3	52.000		Retornável
	4	36.000 e 24.000	0,33 e 0,50	Perdida
	5	60.000	0,33	Perdida
	6	45.000	0,20; 0,25 e 0,33	Mista
Latas	1	28.000	0,33 e 0,50	Perdida
Barris	1	160	30 ou 50	Retornável
	2	200		Retornável
	3	100		Retornável
	4	210		Retornável

As garrafas, as latas e os barris sofrem um processo de lavagem externa e interna e um processo de esterilização interna de vapor (pasteurização), que assegura os elevados níveis de higiene necessários à preservação das qualidades microbiológicas e organolépticas da cerveja. Todos os processos são monitorizados através de indicadores específicos de cada fase. O produto acabado, após ser acondicionado em tabuleiro, bases retratilizadas ou em grades que irão formar paletes, será transportado para uma zona específica de armazenagem. O armazém da Fábrica de Vialonga tem uma capacidade de armazenagem de cerca de 29.000 paletes, podendo carregar até 200 camiões por dia e movimentar cerca de 10 mil paletes por dia. Existe ainda um armazém robótico com a capacidade de armazenamento de 2977 paletes.

4.2.3 - Apresentação do Sector de Recuperação, Tratamento e Enchimento de CO₂

O Dióxido de Carbono é um gás que consegue facilmente dissolver-se e associar-se a muitos líquidos e compostos orgânicos, originando substâncias que acarretam determinados riscos. Assim, todo o processo de tratamento para a obtenção deste gás em forma “pura” deve ter em consideração as suas particularidades. O Sector de Recuperação, Tratamento e Enchimento de CO₂ é constituído por dois armazéns de vasilhame/produto e duas divisórias: uma referente ao processo de recuperação e tratamento do CO₂ obtido pela fermentação (zona 1) e outra referente ao enchimento e manutenção dos tubos (garrafas) de CO₂ (zona 2). As instalações foram concebidas para a produção anual de 6 mil toneladas de CO₂, no entanto, são produzidas 6 mil e 100 toneladas em média por ano. A zona 2 possui divisórias estruturais que não se interligam na totalidade, o que origina a existência de zonas abertas para o exterior, contudo protegidas pela existência de um tecto amplo.

Como a SCC, S.A, encontra-se em funcionamento durante 24 horas (Segunda-feira a domingo), é necessário que a equipa existente neste Sector esteja organizada no sentido de dar resposta e continuidade aos requisitos funcionais aqui implicados. Assim, a equipa é dividida em três turnos diários (00h-08h; 08h-16h e 16h-00h) com uma velocidade de rotação semanal e com um sistema híbrido quanto ao sentido de rotação. Relativamente à distribuição de operadores, os turnos de 00h-08h e 16h-00h possuem dois operadores cada um, ao passo que o turno das 08h-16h possui quatro operadores. Durante o fim-de-semana, cada turno é composto apenas por um operador que tem como função principal controlar os processos de recuperação e tratamento do CO₂. Isto não invalida que haja enchimento, sendo que esta tarefa e as restantes associadas podem ocorrer. As únicas tarefas que não são realizadas durante o fim-de-semana são o controlo e recepção de vasilhame e a preparação de encomendas dado que não há movimentação de cargas para fora da fábrica. As únicas pausas formais dizem respeito ao horário de refeições, sendo, em regra, uma hora para almoço ou jantar por operador. Quanto à sinistralidade laboral relativamente a este sector, não se registam acidentes resultantes da MMC, sendo que os que foram registados ocorreram na zona 1 e tiveram como origem o choque com superfícies imóveis, originando medidas correctivas.

4.2.3.1 - Zona 1: Recuperação e Tratamento do CO₂

É nesta zona (figura 4) onde ocorre todo o processo que acabará na aquisição do CO₂ puro, através de uma maquinaria diversa que se encontra distribuída ao longo de duas linhas de produção que têm uma capacidade de recuperação diária de 500kg/h (linha 1) e 1.000kg/h (linha 2) deste gás. Existem dois processos de obtenção de CO₂: um referente ao gás bruto e outro ao vaporizado, no entanto o processo referente à obtenção do gás bruto é maioritariamente o primeiro a ocorrer (caso haja fermentação).

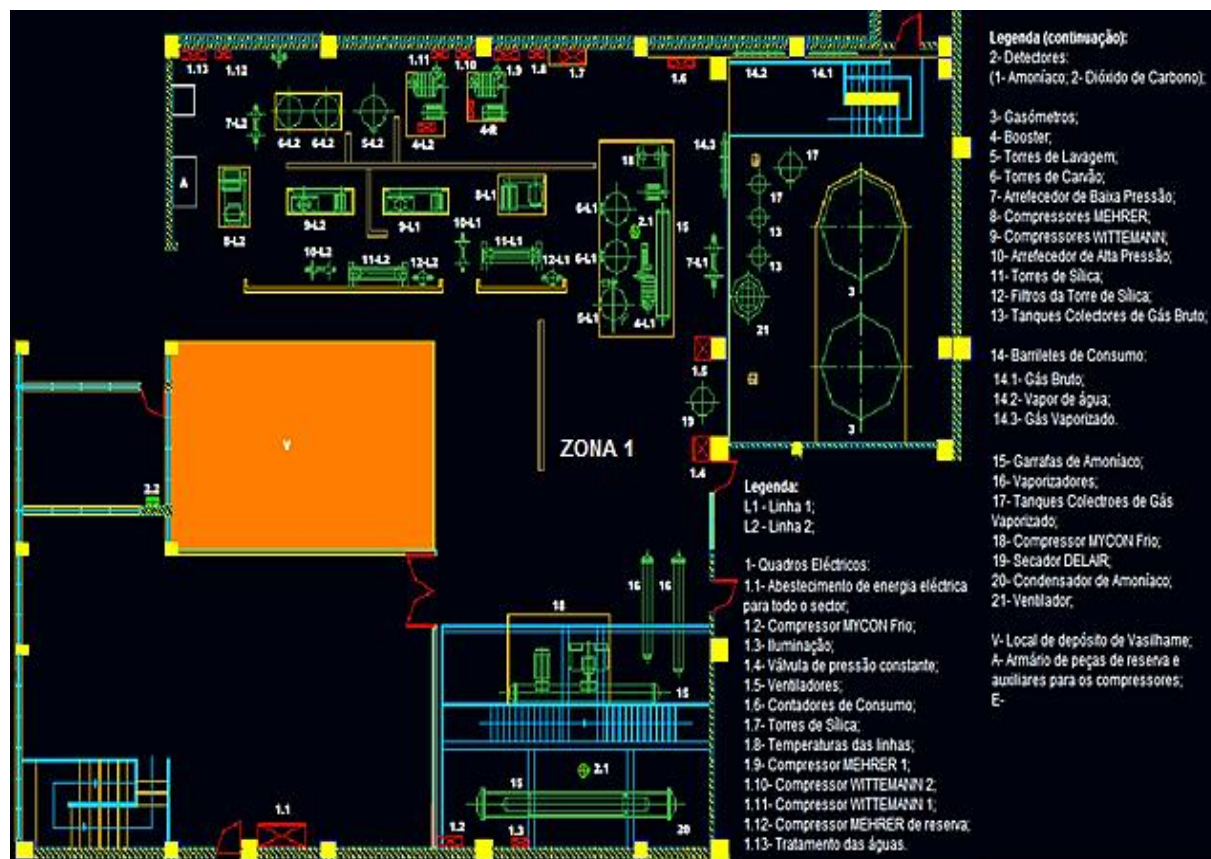


Figura 4: Planta da zona correspondente à recuperação e tratamento do CO₂ (adaptado da planta original do sector, elaborada no programa AutoCAD).

No caso do gás bruto, o CO₂, após ser produzido durante a fermentação, é transportado por canalizações próprias passando por um separador de espumas até aos gasómetros que, por sua vez, servem de tampão à alimentação das linhas, mais concretamente, dos *boosters*. Estes têm como função “aspirar” o CO₂ e enviarem-no para a torre de lavagem onde serão excluídos os compostos solúveis em água (álcool; acetaldeído; sulfureto de hidrogénio, H₂S). Seguidamente este é deslocado para o arrefecedor de baixa pressão (os arrefecedores utilizam glicol no seu interior, a uma temperatura de -5°C), de forma a retirar a humidade associada ao gás. Após o arrefecimento do gás a baixa pressão (0,5 bar), este é conduzido às torres de carvão que têm como função a desodorização (absorver maus cheiros) e a remoção de compostos voláteis (ésteres; H₂S; sulfureto de dimetilo e outros sulfurosos). Após este último, o gás é conduzido para os compressores (entra aproximadamente 300 a 400 gramas de CO₂ que sai comprimido entre 17 a 18 bar). O gás comprimido é arrefecido a alta pressão (sendo que a temperatura ideal do gás na saída deste é de 7°C) e posteriormente conduzido para as torres de secagem (todos os secadores contêm sílica alumina que tem como função extrair a humidade presente no gás). Após a saída deste é atribuída a designação de gás bruto, na qual se seguem duas hipóteses para o seu destino. A primeira é ser transportado para tanques acumuladores para o posterior consumo interno da empresa (o consumo é contabilizado pelo barrilete de CO₂ bruto), tendo este gás ainda uma percentagem de humidade aceitável. A segunda é o gás bruto ser canalizado para o secador Delair® para retirar toda a humidade existente e pelos condensadores (remoção dos não condensáveis: oxigénio e azoto). Segue-se com a liquefação deste por um sistema frigorífico (-32°C) de amoníaco (NH₃) e finalmente a condução do CO₂ líquido para os dois tanques de armazenamento (um com a capacidade de 36 e outro de 70 toneladas).

No caso do gás vaporizado, este resulta da mudança do estado do CO₂ de líquido para gasoso, passando este pelos vaporizadores que serão responsáveis pela modificação do estado. Após este processo, o gás vaporizado é conduzido para tanques acumuladores de gás vaporizado e posteriormente consumido pela empresa (o consumo é contabilizado pelo barrilete de CO₂ vaporizado). Este processo é desencadeado quando o gás bruto é escasso e a empresa necessita de consumir CO₂ nos seus processos fabris. O CO₂ que constitui o gás vaporizado é mais puro em comparação com o gás bruto.

Para que seja possível existir recuperação de CO₂ produzido durante a fermentação da cerveja, é necessário existir uma coordenação entre este sector com as linhas de produção, filtração e adegas, sendo esta última a responsável pela colocação do mosto e fermento nos fermentadores. Sabe-se que uma porção de levedura é utilizada até oito vezes consecutivas, no entanto o primeiro trabalho desta é o mais lento, demorando 32 horas a produzir os compostos resultantes da fermentação, a partir do sexto trabalho, está-se a obter CO₂ em apenas 12 horas. É esta coordenação estabelecida entre recuperação, consumo e armazenamento que possibilita o funcionamento desta indústria. Relativamente ao consumo do gás pela própria empresa (anexo 1, página 96), esta consome os dois tipos (bruto e vaporizado), sendo que o uso está inteiramente relacionado com as épocas baixa e alta de produção, ou seja, o consumo interno de gás é semelhante à sazonalidade de produção da empresa. Nesta temática verifica-se que o maior consumo do gás, independentemente do tipo, ocorre na filtração, barris e adegas; por sua vez, a estação de tratamento de águas residuais (ETAR) e a linha R são os que menos CO₂ consomem. Constata-se que o gás vaporizado é apenas consumido nos processos referentes à filtração (carbonatação da cerveja e limpeza da mesma quando a concentração de oxigénio é elevada). Por sua vez, o gás bruto é utilizado: na filtração para contrapressão de tanques e filtros; no tratamento das águas (ETAR); é inserido nas garrafas, barris ou latas depois do vácuo e antes da introdução da própria cerveja; na pressurização de tanques e na contrapressão das linhas de enchimento. Desta forma, qualquer problema que possa a vir

existir neste sector será naturalmente sentido em vários locais da fábrica e consequentemente na produção e engarrafamento de cerveja.

Nesta área são desempenhadas as seguidas tarefas pelos operadores: o controlo da instalação de CO₂ (através do registo de vários indicadores, exemplo: horas de funcionamento das máquinas; anomalias; consumos; purezas); a abertura dos fermentadores para a recuperação deste subproduto; o arranque e paragem da instalação, que difere consoante a produção do tipo de gás e regenerações (substituição do carvão, sílicas, amoníaco). Durante as fases deste processo é necessário a monitorização das pressões e temperaturas da maquinaria existente, existindo um dossiê para consulta com várias instruções de trabalho em caso de ocorrência de eventuais problemas.

4.2.3.2 - Zona 2: Enchimento de CO₂

É neste compartimento que decorrerá o processamento final do CO₂ que se encontra armazenado, culminando na introdução deste em recipientes próprios para esse efeito: os tubos. Para ser colocado no mercado, um tubo necessita de: estar dentro da prova hidráulica; ter autocolantes informativos (de utilização e segurança); ter o selo de segurança inserido no local da abertura de entrada/saída do gás da válvula; ter etiquetas referentes à produção; ter a válvula em condições, isto é, nenhum dos seus constituintes pode estar danificado (ausência de fugas) e por último, uma qualidade de pintura relativamente apresentável. Se o tubo satisfizer estes requisitos e estiver vedado já com o conteúdo de gás referente à sua capacidade, passa a designar-se por produto acabado. É nesta divisória que se processam todos os tubos que constituem o produto acabado ou vasilhame, comercializados no mercado nacional, sendo aproximadamente cerca de 120.000. Para além do consumo interno de CO₂, este é vendido a indústrias de diversa natureza, embora o seu nicho comercial se foque nas instalações de venda de cerveja, sendo este usado para contrapressão da mesma. É usual existir momentos em que a quantidade de CO₂ armazenada é muito reduzida face ao elevado consumo do mesmo por parte da empresa ou na venda. Para colmatar esta necessidade de manter o fornecimento, a SCC, S.A., compra este gás de outros estabelecimentos produtores (recepção das cisternas). Assim, toda esta zona (figura 5) encontra-se instalada e organizada de forma a possibilitar a concretização de todas as tarefas que regulam as actividades aqui desenvolvidas.

Nesta zona, os operadores possuem como tarefas principais: o controlo dos indicadores (temperatura e pressão) do painel de comandos dos tanques; o controlo e acondicionamento do vasilhame entregue; a preparação de encomendas; o enchimento dos tubos; as provas hidráulicas; a montagem e manutenção dos acessórios nos tubos; a verificação de fugas de gás dos tubos; a pintura dos tubos; a decapagem dos tubos; a medição de pureza do CO₂; a recepção das cisternas; o acondicionamento do produto; a colocação de autocolantes nos tubos e a preparação dos selos para futura colocação nos tubos.

Como foi relatado anteriormente, é neste espaço que decorre o manuseamento dos tubos (figura 6), tubos esses que são o principal objecto de trabalho e que possuem uma grande multiplicidade de pesos e dimensões. Os tubos podem ser compostos por um de dois tipos de materiais – ferro ou alumínio – abrangendo várias capacidades de armazenamento, variando entre os 2,6kg e os 25kg (os tubos de 25kg são apenas de utilização interna). Na constituição destes encontram-se alguns acessórios como as tulipas que funcionam como principal meio de pega do tubo, os capacetes e as válvulas. Existem quatro variedades de válvulas (modelos) e algumas possuem como característica o anti-retorno enquanto outras não, sendo distribuídas e aparelhadas nos tubos com especificações próprias. O sistema anti-retorno nas válvulas tem como função evitar a

entrada de líquidos no interior dos tubos (acontece quando o gás que é utilizado para contrapressão da cerveja acaba), evitando assim, a corrosão interna do próprio tubo. É importante referir que existem tubos cujo enchimento e manutenção ocorrem noutra instalação que não na SCC, S.A. (tubos GASIN e o EAP70 SCC), isto porque estes são preenchidos por CO₂ e azoto (N₂) em diferentes percentagens. Estes tubos são apenas contabilizados quanto ao vasilhame e não ao produto (entrada e saída) porque essa função fica a cargo da empresa responsável pela gestão dos mesmos, embora estes sejam entregues aos operadores para posterior armazenamento e colocação em encomendas. Os tubos com a designação de GASIN são os únicos tubos que não pertencem à SCC, S.A..

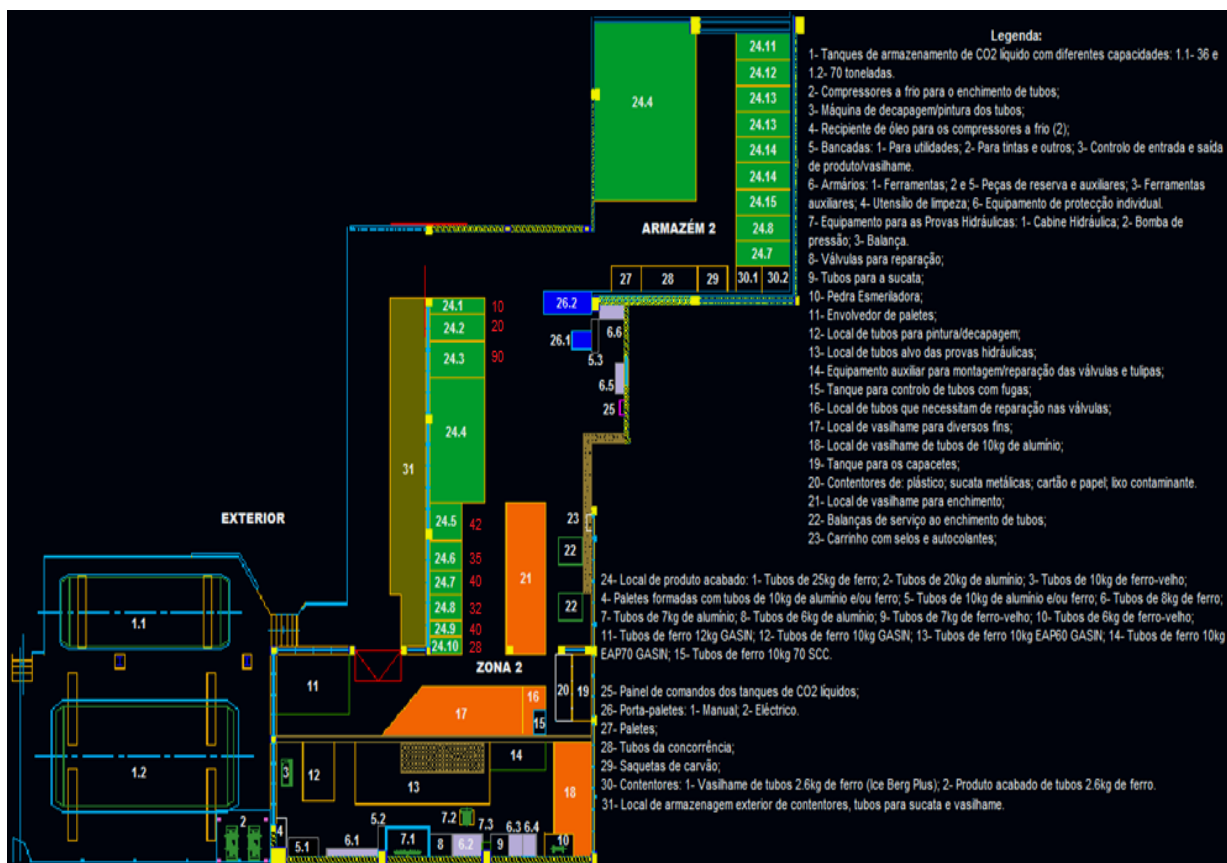


Figura 5: Planta representativa da zona atribuída ao enchimento de CO₂ e do armazém 2, os números a vermelho dizem respeito à quantidade máxima de tubos armazenada no local, os que não possuem é porque são preenchidos por paletes (adaptado da planta original do sector, elaborada no programa AutoCAD).

De uma forma global, em termos de quantidades, os tubos de 10, 7 e 6kg são os mais solicitados e manuseados, tanto em vasilhame como em produto acabado (anexo 2, página 98). No caso de vasilhame, as entradas englobam os tubos entregues pelos clientes e interpostos ao passo que as saídas integram o número de tubos que foram alvo de enchimento e os que tiveram como destino a sucata. Um tubo vai para a sucata quando: tiver perdido mais do que 5% do seu peso; a rosca (orifício de acesso ao interior do tubo) se encontra danificada; o seu interior estiver muito corroído comprometendo a qualidade do produto inserido e a segurança do mesmo. No que diz respeito ao produto, as entradas abrangem apenas os tubos prontos (os recentemente sujeitos ao enchimento e os que se encontram em *stock*) para comercialização e as saídas apenas os que foram contabilizados pelas encomendas solicitadas e encaminhadas.



Figura 6: Apresentação dos tubos manuseados na SCC, S.A., de forma decrescente da esquerda para a direita, quanto ao peso.

Para a realização das várias tarefas os operadores recorrem a um conjunto diversificado de ferramentas (alicates e chaves de vários tipos; dinamométrica; martelos; escova de arame e muitos outros); máquinas (bombas; balança; pedra esmeriladora, entre outros); produtos (tintas; decapante, diluente e outros) e equipamentos de protecção individual (luvas, tampões/auscultadores, óculos/viseira de protecção; calçado de biqueira de aço; máscara com filtro; macacão; sistema de respiração autónomo).

4.3 - Selecção das Situações a Analisar

O principal critério estabelecido para a escolha das situações a analisar foi a presença de transporte e MMC. Desta forma, todas as tarefas que incorporem esta condição serão automaticamente abrangidas na análise. As tarefas que constituirão o foco do estudo serão: o controlo e acondicionamento do vasilhame entregue (1); a decapagem dos tubos (2); a montagem e manutenção de acessórios nos tubos (3); as provas hidráulicas (4); a pintura dos tubos (5); a colocação de autocolantes (6); o enchimento dos tubos (7); o acondicionamento do produto (8); a preparação de encomendas (9) e a verificação de fugas de gás dos tubos (10). Assim, seguidamente será apresentada a prescrição, caso exista relativamente às tarefas, as que não são referenciadas (3,6,8 e 10) possuem ausência de qualquer tipo de indicação escrita associada à realização das mesmas.

Tarefa 1 - Controlo e acondicionamento do vasilhame entregue:

- Identificar visualmente se o tubo pertence à SCC, S.A;
- Verificar a data de prova hidráulica;
- Verificar o estado dos autocolantes legais antes do enchimento;
- Verificar o estado de conservação do tubo.

Não é permitido em momento nenhum o enchimento e manutenção de tubos que não pertençam à empresa, existindo um local próprio para a colocação de tubos da concorrência.

Tarefa 2 - Decapagem dos tubos:

- Escolher os tubos para decapar;
- Colocar um tubo de cada vez na máquina e fixá-lo;
- Ajustar escovas decapantes ao tubo;
- Depois de atingir velocidade deslizar com as escovas pelo tubo até ficar limpo.

A colocação de decapante é obrigatória nos tubos de ferro; nos de alumínio é facultativa, não havendo esta necessidade se existir pouca quantidade deste produto, sendo que a sua colocação deve ocorrer sempre antes da colocação do tubo na máquina para decapar.

Tarefa 4 - Provas Hidráulicas:

- Escolher as garrafas de acordo com a periodicidade definida na *Portaria 1196-C/97 de 24.11.97* (10 anos);
- Fixar a garrafa e remover a válvula;
- Desprender a garrafa e colocá-la no local da prova;
- Encher a garrafa de água;
- Colocar na garrafa a válvula de prova;
- Ligar o tubo no circuito de pressão;
- Ligar a bomba de pressão até atingir 250 bar;
- Parar a bomba;
- Abrir a válvula de descarga de pressão;
- Tirar válvula de prova;
- Despejar a água e deixar a secar;
- Fixar a garrafa e colocar válvula de serviço com auxílio da chave dinamométrica;
- Marcar data de prova na garrafa.

Cada prova hidráulica contempla 200 tubos e o número de provas por mês pode variar em função das necessidades de produção e do *stock* existente de tubos para provas hidráulicas; durante o período de estágio ocorriam três provas por mês.

Tarefa 5 - Pintura dos tubos:

- Verificar se os tubos estão limpos antes de prosseguir com a pintura;
- Colocar o tubo na máquina, sendo fixado no local adequado;
- Ligar o botão de arranque dos motores;
- Deslizar o rolo com a tinta pelo tubo à medida que decorre a rotação deste, até completar a pintura da zona pretendida.
- Realizar os acabamentos fora da máquina com o trincha.

Existem três cores diferentes (amarela, cinzenta e cor-de-vinho) para zonas distintas do tubo. Os tubos de alumínio não são pintados.

Tarefa 7 - Enchimento dos tubos:

- Abrir a ordem de produção em SAP (programa informático específico do sector);
- Imprimir etiquetas para os tubos;
- Caso exista alguma etiqueta de produção antiga no tubo, deve ser retirada antes do enchimento;
- Colocar o tubo junto da balança;
- Abrir válvulas do tanque de CO₂ líquido (saída de retorno);
- Abrir válvulas de entrada nos compressores de enchimento;
- Purgar junto às balanças até chegar CO₂ líquido;
- Accionar o botão para arranque dos compressores de enchimento;
- Ligar o tubo às mangueiras de enchimento e colocar o gancho de segurança;
- Accionar o botão para abrir a válvula de entrada de CO₂ no tubo;
- Desligar o tubo da mangueira de enchimento depois de cheio.
- Colar uma etiqueta autocolante de produção em cada tubo (posição horizontal);
- Antes de colar verificar se a informação da etiqueta está correcta (produto, lote e data de produção);

- Inserir os selos amarelos de segurança (LACRE);
- Confirmar as ordens de produção e fechar a mesma no final.

Só se prossegue com o enchimento de tubos se a soma da quantidade de CO₂ existente nos dois tanques for no mínimo 40 toneladas e com uma pressão mínima a 16 bar. Tubos fora da prova hidráulica não podem ser alvo desta tarefa.

Tarefa 9 - Preparação de encomendas:

- Seleccionar os tubos necessários para cada remessa;
- Preparar as paletes/contentores;
- Imprimir etiquetas para cada paleta/contentor.

Nem todas as tarefas possuem prescrição formal, o que permite aos operadores regularem a sua própria actividade face às necessidades de produção (encomendas) ou constrangimentos temporais/processuais. A sequência de realização das várias tarefas não é independente nem fixa, ou seja, existe uma ordem lógica na realização das mesmas, mas não é necessariamente seguida à regra.

4.3.1 - Amostra

Como foi narrado anteriormente, a constituição da amostra deste estudo está confinada apenas à população de operadores que exercem funções no Sector de Recuperação, Tratamento e Enchimento de CO₂. A amostra é constituída por oito operadores, todos do género masculino com uma idade média de 46,5 anos e um desvio padrão de 40,7 anos. A média da antiguidade destes operadores é de 4,6 anos com um desvio padrão de 7,6 anos. Quanto ao vínculo contratual predominam a prestação de serviços (60%) e a contratação a termo certo (40%). No que diz respeito às habilitações académicas predominam o 9º ano de escolaridade (80%) e o 4º ano de escolaridade incompleto (20%). Nenhum elemento da amostra possui lesões músculo-esqueléticas comprovadas clinicamente.

4.3.2 - Variáveis

Neste estudo a variável dependente remete-se para as LMERT, havendo também um conjunto de variáveis independentes que estão identificadas na tabela 3, fazendo correspondência com o instrumento que as avaliam.

Tabela 3: Apresentação das variáveis independentes face aos instrumentos de recolha e de avaliação adoptados neste estudo.

		Instrumentos					
		Questionário	REBA	Equação de NIOSH	EMG	Acelerometria	HARSim
Variáveis Independentes	- Idade dos operadores; - Percepção do esforço físico das tarefas; - Percepção do desconforto postural das tarefas.	- Posturas; - Cargas (peso); - Tipo de Pega da Carga; - Score final do REBA; - Actividade (dinâmica, repetitiva ou estática). - Sazonalidade - Estratégias operatórias no transporte e MMC.	- Posturas; - Cargas (dimensões e peso); - Tipo de Pega da Carga; - Peso limite recomendado - Índice de levantamento; - Frequência dos levantamentos; - Duração da tarefa de levantamento. - Sazonalidade	- Contração voluntária máxima; - Percentil APDF.	- Vibrações (sistema mão-braço).	- Posturas; - Cargas (dimensões e peso); - Forças Axiais; - Forças de Corte; - Momentos Flectores; - Pressões intradisciais; - Características antropométricas dos operadores (altura); - Estratégias operatórias no transporte e MMC.	

4.3.3 - Instrumentos

Questionário:

Foi elaborado um questionário com a finalidade de servir de suporte (guia) durante as entrevistas (anexo 3, página 100). Com este questionário pretendeu-se obter informações de natureza mais específica e geral associadas ao trabalho que estavam em falta ou incompletas, após uma análise inicial de registos documentais e das primeiras observações livres no local de trabalho. Isto é, o questionário surge como um complemento na obtenção de informações e de despistagem, sendo estruturado em quatro grupos distintos, esses grupos evidenciam as informações em falta. O primeiro grupo engloba questões de carácter pessoal, o segundo aborda questões sobre a organização do trabalho, o terceiro centra-se na actividade diária realizada pelos operadores e na sua percepção sobre a mesma, e por último, o quarto diz respeito à sinistralidade laboral registada no Sector de Recuperação, Tratamento e Enchimento de CO₂. Aspectos relacionados com a validação do questionário não foram tidos em consideração devido à finalidade restrita de aplicação do mesmo.

Rapid Entire Body Assessment (REBA):

O método Rapid Entire Body Assessment (REBA) desenvolvido por Sue Hignett e McAtamney Lynn (2000) permite realizar uma análise conjunta, com base em diagramas representativos associados a tabelas de pontuação, das posturas tomadas pelos vários segmentos do corpo humano. Permite a análise dos membros superiores (braço, antebraço e punho), da coluna cervical, do tronco e dos membros inferiores de uma forma individual tanto para o lado esquerdo como para o direito. Este método engloba ainda outros factores considerados decisivos para a avaliação final da postura como a carga/força, o tipo de pega e de actividade muscular desenvolvida pelo operador. Permite avaliar quer posturas estáticas quer dinâmicas, acrescentando um novo recurso que pode indicar a existência de mudanças bruscas da posição ou posturas instáveis. Trata-se, portanto, de uma ferramenta de análise postural particularmente sensível para as tarefas que envolvem mudanças bruscas na postura, geralmente como resultado da movimentação de cargas instáveis ou imprevisíveis. A sua aplicação possibilita identificar o risco de lesão associada a uma postura, particularmente do tipo músculo-esquelético, em cada caso indicando o grau de urgência com que as acções correctivas deverão ser implementadas (tabela 4). Assim, esta ferramenta é um auxílio útil para a prevenção dos riscos e de alerta sobre as condições de trabalho que possam ser inadequadas. O método REBA possibilita avaliar ainda o risco de posições específicas de forma independente. Para avaliar um local de trabalho, deverão ser seleccionadas as suas posturas mais representativas, quer pela repetição ao longo do tempo quer pela sua precariedade (Hignett, S.; Lynn, M., 2000).

Tabela 4: Apresentação dos diferentes níveis de risco com o respectivo score e os níveis de intervenção preconizados para o método observacional REBA (adaptado de: Hignett, S.; Lynn, M., 2000).

Nível de Risco	Score	Nível de Acção (Incluindo investigações posteriores)	
Negligenciável	1	0	Não necessária
Baixo	2-3	1	Poderá ser necessária
Médio	4-7	2	Necessária
Elevado	8-10	3	Necessidade a breve prazo
Muito elevado	11-15	4	Necessidade imediata

O REBA, enquanto método observacional, possui como vantagens o facto de ser rápido na atribuição das pontuações e posterior análise, ser útil para determinar problemas ligados às posturas e à movimentação de cargas e por permitir, ainda, analisar todas as posturas adoptadas pelo operador durante o ciclo de trabalho. Como qualquer método

existente, este também possui desvantagens e limitações, nomeadamente a ausência da frequência das acções e da organização do trabalho na análise bem como a não consideração de aspectos como as vibrações e dispêndios de energia (Hignett, S.; Lynn, M., 2000).

NIOSH 91 Lifting Equation, Multi-task:

A primeira equação surgiu em 1981, tendo sido elaborada e desenvolvida pelo *National Institute for Occupational Safety and Health* dos Estados Unidos (NIOSH). Foi realizada uma extensa revisão da literatura com base em quatro perspectivas ou critérios: epidemiológica, biomecânica, fisiológica e psicológica. Esta equação define critérios para determinar os pesos máximos aceitáveis para as tarefas de levantamento, sendo usada pelos praticantes de saúde ocupacional porque fornece um método empírico para a determinação do peso limite no levantamento manual de cargas. Este limite permite identificar certos trabalhos de levantamento de cargas que coloquem em risco o sistema músculo-esquelético, mais particularmente na região lombo-sagrada. Verificou-se que esta equação era aplicável apenas a um número específico de casos de tarefas de levantamento, limitando-se àquelas executadas no plano sagital. Assim, houve a necessidade de fazer uma revisão e expandir a equação em 1991, considerando os mesmos quatro critérios de base mas de modo a poder ser aplicada a um maior número de casos, considerando maiores amplitudes na duração do trabalho (até 8 horas) e na frequência dos levantamentos. O principal resultado da aplicação desta equação é o Peso Limite Recomendado (PLR ou RWL), que se define como sendo o peso da carga, para uma determinada tarefa com um conjunto de características específicas, que quase todos os operadores saudáveis (99% de homens e 75% de mulheres) podem realizar durante um período de tempo sem um aumento de risco de lesões músculo-esqueléticas (referência à população americana). O RWL baseia-se num peso máximo recomendado que se designa por constante de carga (23kg ou 51lbs). Esta constante (LC) é ajustada através da junção de diferentes multiplicadores (localização horizontal, HM; localização vertical, VM; distância vertical, DM; ângulo de assimetria, AM; pega, CM e frequência, FM) em função dos desvios que a tarefa apresenta em relação às condições óptimas. Desta forma, a equação pode ser representada pela seguinte fórmula: $RWL = LC * HM * VM * DM * AM * CM * FM$. Após a determinação deste valor, calcula-se o índice de levantamento (LI) que é definido como a relação entre o peso do objecto com o peso limite recomendado. Com a determinação deste índice é possível: estimar a magnitude relativa do *stress* físico de uma tarefa; definir prioridades das acções de transformação do trabalho pela ordenação de tarefas baseadas no valor obtido; utilizar os factores multiplicadores para identificar problemas específicos relacionados com o trabalho; utilizar o peso limite como peso recomendado para a redução do risco, se as variáveis forem fixas para uma tarefa considerada “perigosa”. Se o LI tiver um valor inferior ou igual a um, não existe risco para a ocorrência de LMERT; se o valor for superior a um e inferior a três há um risco incrementado para a ocorrência de LMERT e caso o valor seja superior a três existe um risco elevado para a ocorrência de LMERT, obrigando à implementação de medidas (Waters, T., et al., 1994).

A análise de múltiplas tarefas foi abordada primeiramente na equação de NIOSH de 1981. Um novo método foi desenvolvido na equação de NIOSH de 1991 com a base em três pressupostos: 1º executar múltiplas tarefas aumenta a carga física e metabólica, pelo que o aumento da carga deve reflectir numa redução no peso limite recomendável e um aumento do índice de levantamento; 2º um aumento do índice de levantamento depende sobretudo das características das múltiplas tarefas de levantamento de cargas; 3º e último, o índice de levantamento composto (CLI) depende do índice de levantamento de cada tarefa. Para o cálculo do índice de levantamento composto é necessário calcular o peso limite recomendado independentemente da frequência (FIRWL) e o peso limite recomendado por

tarefa (STRWL). O STRWL transmite as exigências de força global, assumindo que o operador realiza apenas uma tarefa durante o turno de trabalho, ao passo que o FIRWL reflecte as exigências da força para uma única repetição da tarefa. Posteriormente a este cálculo segue-se a determinação do índice de levantamento independentemente da frequência (FILI) e o índice de levantamento para cada tarefa (STIL). No FILI é considerado o peso máximo da carga, uma vez que demonstra a carga máxima a que o operador está exposto assumindo que a tarefa é realizada uma vez. No STIL é utilizado o peso médio da carga, pois este permite uma melhor representação das exigências metabólicas, independentemente do número de tarefas realizadas. Este permite ainda identificar as tarefas indutoras de fadiga e igualmente priorizar as tarefas individualmente do ponto de vista de exigências físicas. Após a numeração das tarefas, por ordem decrescente de exigência física, calcula-se o CLI através da seguinte fórmula: $CLI = STIL1 + \sum \Delta LI$. A interpretação dos resultados da CLI é igual ao do LI (Waters, T., et al., 1994).

Este método deve ser utilizado quando se pretende obter: a estimação do risco de uma tarefa de levantamento; a avaliação do risco de um trabalho que envolve múltiplas tarefas de levantamento; a determinação de um peso seguro de carga para uma tarefa específica; a comparação de risco de uma ou várias tarefas de levantamento; a definição das prioridades das acções de transformação. Por sua vez, deve ser apenas aplicado se se verificarem as seguintes condições: elevação feita com suavidade, isto é, sem movimentos bruscos; condições térmicas e visuais favoráveis; boas condições mecânicas asseguradas por um piso plano, sem obstruções e oferecendo boa aderência ao calçado. Como limitações, a equação do NIOSH não é aplicável a tarefas que envolvem levantamento de objectos com uma só mão, ou na posição de sentado, ajoelhado, agachado, ou ainda elevações de objectos em espaços confinados. Tarefas que abrangem a manipulação de objectos extremamente quentes ou frios, pesados que impliquem elevações rápidas (30 polegadas/min) e frequentes não são contempladas pelo NIOSH, sendo necessário conduzir avaliações biomecânicas, metabólicas e psicofísicas especificamente para cada uma. A equação de NIOSH defende que as tarefas de levantamento e de depósito de pesos têm idêntico potencial para causar lesões lombares, no entanto esta afirmação pode não ser verdadeira, pois as condições podem ser muito variadas, o que implica avaliações picofísicas caso a caso. Este método não inclui factores para as consequências de circunstâncias imprevistas, tais como pesos inesperadamente grandes ou o escorregamento ou queda durante a execução de tarefas. Se o ambiente físico for desfavorável (exemplo: temperatura e humidade relativas fora dos extremos do intervalo recomendado) será necessário avaliar o acréscimo metabólico resultante desses factores ambientais. A equação assume que quaisquer outras actividades de manipulação ou movimentação efectuadas pelo trabalho em causa são mínimas e não requerem dispêndio energético significativo. São exemplos de tarefas não elevatórias o segurar, empurrar, puxar, andar ao mesmo tempo que transporta objectos, entre outros. Se existirem actividades destes tipos, poderão ser necessárias medidas ou estimativas da energia despendida ou da frequência cardíaca a fim de avaliar as exigências metabólicas das várias tarefas (Waters, T., et al., 1994).

A validade e fiabilidade dos métodos utilizados num estudo são informações relevantes, no sentido em que podem servir como meio de selecção dos mesmos face à natureza das variáveis em causa. Nos métodos observacionais, a fiabilidade é determinada pelo acordo entre observadores e estabilidade temporal. É muito reduzido o número, até mesmo inexistente, de estudos formais nesta área, relativamente aos métodos REBA e NIOSH. Quanto à validação, esta é estabelecida pela validade do conteúdo e pela validade preditiva. No que diz respeito à validação preditiva, o método REBA não possui ainda estudos formais, ao passo que no NIOSH equação 91 alguns investigadores se debruçaram sobre esta temática (Waters, 1999; Marras, 1999; Seseck, 2003). De uma forma global, os

investigadores determinaram uma alta sensibilidade (0,76) para a determinação de trabalhos com alto risco de LMERT e uma especificidade moderada (0,55) para a determinação de trabalhos com baixo risco de LMERT. Relativamente à validade do conteúdo, existem vários estudos realizados para ambos os métodos, com distintas e variadas conclusões, mais evidentes no NIOSH (Lavender, 1999; van der Beek, 2005; Lee, 2005; Russel, 2007, entre outros) pela sua complexidade, havendo no REBA uma correspondência moderada com o OWAS (Kee, 2007), uma vez que este foi um dos métodos que se viu de base à sua construção.

Software Humanoid Articulation Reaction Simulation (HARSim):

O programa HARSim foi desenvolvido para a investigação e prática ergonómica com a finalidade de avaliar o comportamento articular humano em carga para qualquer interação humana. Na sua constituição estão inseridos vários tipos de modelos já desenvolvidos e internacionalmente validados, sendo esses os modelos estáticos e pseudo-dinâmicos. Como exemplos de modelos estáticos integrados no HARSim estão o de “diagramas de corpos livres”, que abordam o comportamento do corpo humano como o de uma estrutura em equilíbrio sujeita a um sistema de cargas externas aplicadas e o “dos elementos finitos”, que calculam os esforços desenvolvidos numa vértebra sujeita a diversos regimes de carga, ou seja, avaliam o esforço que uma estrutura pode ter associada a uma conjuntura de cargas complexas. O modelo de diagramas de corpos livres pode ainda ter uma abordagem pseudo-dinâmica que permite o estudo do movimento, sendo apenas válido para movimentos realizados a uma velocidade constante ou de reduzido valor onde os efeitos da inércia não são tidos em consideração. A criação do HARSim foi centralizada na temática das LMERT, tendo um foco especial ao nível da coluna vertebral (Rebello, 2003). No entanto, McGill e Normam determinaram que o efeito da inércia em situações de velocidade elevada pode ser contemplado através do incremento de ~20% aos valores obtidos em modelos estáticos.

O HARSim possuiu três tipos de idealização: a fenomenológica (diz respeito à constituição do corpo humano em termos de segmentos articulares), a cinemática (referente à simulação de posturas) e a biomecânica (centrada nas cargas, forma e rigidez). A primeira centralizou-se na constituição dos membros superiores (MS), membros inferiores (MI) e da coluna vertebral (CV), tendo esta última maior ênfase. Sendo a coluna vertebral constituída por 7 vértebras cervicais, 12 vértebras dorsais e 5 vértebras lombares, foi necessário considerar a área seccional das vértebras, as distâncias e ângulos inter-segmentares específicas de cada uma, bem como, os momentos de inércia, culminando assim, na existência de 38 segmentos corporais, 24 na coluna vertebral, 8 nos membros superiores e 6 nos membros inferiores. A segunda idealização partiu dos limites articulares existentes para a génese de posturas, o que permitiu originar graus de liberdade (72 na CV, 22 nos MS e 15 nos MI). Por fim, a terceira diz respeito ao regime de carga, que pode ser interna (peso corporal, peso de cada segmento) ou externa, podendo esta última ser de forma simétrica ou assimétrica. Esta idealização aborda ainda a forma que se relaciona directamente com a postura e a existência ou não de apoios aos vários segmentos corporais e, por último, a rigidez que diz respeito à musculatura da estrutura (a coluna) que é “inteligente” consoante a contractura muscular e a este nível é tido em conta o regime elástico e plástico da coluna face à deformação provocada por uma força exercida (Rebello et al., 2012).

Em relação à determinação dos valores limite das diferentes forças exercidas ao longo da coluna vertebral e tendo em linha de conta os efeitos de cada uma, considerou-se um conjunto de valores limite de referência para as seguintes forças: valor limite de 750N para as forças axiais (Frymoyer, 1979); valor limite de 500N para as forças de corte (Green,

1994); valor limite de 120Nm para os momentos flectores (Frymoyer, 1979); valor limite de 2MPa para as pressões intradiscas (Nachemson, 1963, 1970).

O HARSim, constituído por um manequim tridimensional, pode ser facilmente ajustado para representar qualquer perfil antropométrico e simular a actividade postural e os regimes de carga aplicados, em situações de trabalho diversificadas. É, portanto, uma aplicação informática que tem dois objectivos complementares: a avaliação de situações de trabalho caracterizadas pela manipulação e transporte manual de cargas, com necessidades de uma abordagem complementar de carácter quantitativo, e a elaboração de propostas de melhoria para essas mesmas situações. A sua validação tem sido centralizada no contexto industrial em comparação com outros instrumentos de medida directa (Rebelo et al., 2012).

Electromiografia de Superfície (EMG) através do ergoPLUX

Um processamento adequado de sinais electromiográficos pode constituir uma referência para a análise da relação entre o trabalho realizado e a carga muscular exigida. Jonsson (1982) descreveu uma técnica na qual é calculada a frequência de ocorrência de um nível particular de EMG, sendo produzida uma curva de função de distribuição da probabilidade de amplitude (APDF). O conceito APDF foi originalmente desenvolvido para extrair informação de registos EMG da actividade muscular e tem sido utilizado para analisar EMG em numerosos estudos em Ergonomia. A determinação do APDF permite obter o perfil de tensão muscular a que os operadores estão sujeitos durante um período de trabalho e o seu processo de determinação envolve a sequência dos seguintes passos:

- Cálculo da envolvente do sinal EMG obtido por rectificação e suavização através de um filtro passa baixo;
- Determinação do histograma de amplitude do sinal EMG para cada músculo, durante a realização da tarefa a estudar e do histograma da distribuição de amplitude do sinal EMG na contracção voluntária máxima (CVM) do mesmo músculo. Cálculo do histograma cumulativo de distribuição de amplitude do EMG das contrações anteriores;
- Determinação da função de probabilidade de distribuição da amplitude do EMG do músculo em estudo em termos absolutos;
- Mapeamento dos valores de probabilidade do músculo relativamente à distribuição para a CVM. Deste modo, a amplitude do EMG, bem como a respectiva probabilidade de distribuição, são relativas à CVM, o que possibilita a comparação entre os vários músculos ou entre as diferentes tarefas e, ainda, a estimativa da função de APDF média para grupos de operadores e/ou tarefas.

O resultado final deste processamento permite avaliar a intensidade relativa das diferentes tarefas de um posto de trabalho, dos postos de trabalho como um todo, ou mesmo, da sequência de postos realizada pelo operador ao longo do turno de trabalho (Brandão, 2003).

A probabilidade de amplitude de um certo nível de contracção é a probabilidade da actividade eléctrica do músculo ser menor ou igual a esse nível de contracção. A probabilidade de amplitude de um certo nível pode ser expressa como a fracção da duração total em que o sinal é inferior ou igual àquele valor. Se a amplitude da actividade electromiográfica é expressa em percentagem do valor obtido para a CVM, a função de probabilidade de distribuição relativa da amplitude corresponde à contracção durante o período de trabalho (Brandão, 2003).

A curva de probabilidade de distribuição da amplitude do sinal EMG caracterizará como o músculo se comporta durante o período estudado. Cada tipo de trabalho apresenta um perfil característico no que respeita a essa curva de probabilidade de distribuição de amplitude. Quando se utilizam registos electromiográficos para a avaliação de níveis de actividade muscular, devem considerar-se critérios para definir aquilo que são valores aceitáveis para os níveis de tensão muscular desenvolvidos durante a realização de tarefas ocupacionais. De acordo com os estudos sobre fadiga muscular, aquando da realização de tarefas estáticas e dinâmicas, os seguintes valores limites foram sugeridos para o trabalho constringido em períodos superiores a uma hora (Jonsson, 1982):

- O nível de contracção estático não deve de exceder 2% da CVM e não pode ultrapassar os 5% da CVM (carga estática - percentil 10);
- O valor médio não deve de exceder 10% da CVM e não pode exceder os 14% da CVM (carga mediana - percentil 50);
- Os valores máximos de carga não devem de exceder os 50% da CVM e não podem ultrapassar os 70% da CVM (carga pico - percentil 90).

Estes valores limite podem ser utilizados como critério de análise das curvas de probabilidade de distribuição da amplitude de força relativa da contracção em tarefas ocupacionais. Estes critérios só podem ser utilizados como limite para a análise de registos electromiográficos para grupos de operadores. Os resultados dos testes sobre os operadores, individualmente, podem exceder estes limites por vários motivos, sem que no entanto, a carga de trabalho global do grupo de operadores seja excessiva (Brandão, 2003). Esta desvantagem não prejudica este estudo devido ao reduzido número da amostra e ainda pela distribuição diferencial das tarefas de trabalho pelos operadores. Uma importante virtualidade da determinação da curva de probabilidade de distribuição de amplitude EMG é o facto de permitir avaliar o efeito de planos de rotação de postos de trabalho, bem como o efeito da distribuição de pausas. O trabalho muscular total ao longo do dia de trabalho pode ser predito, combinando os resultados das análises APDF de cada uma das diferentes tarefas. Esta compilação de tarefas pode ser utilizada para predizer o resultado de diversas combinações de rotação (Brandão, 2003).

Acelerometria através do *ergoPLUX*

O *ergoPLUX* possui um acelerómetro triaxial baseado na tecnologia MEMS® (*Micro Electro-Mechanical Systems*) e foi desenvolvido para aplicações biomédicas onde as medições de cinemática e movimento são necessários. Este sensor pode medir acelerações relativas a queda livre e o modelo disponível é capaz de determinar a magnitude e direcção da mesma aceleração, como uma grandeza vectorial. Este vector pode ser usado para detectar a posição, vibração, choque, queda, etc. A colocação do acelerómetro a um membro, por exemplo, permite fazer a medição de uma aceleração no interior da gama dinâmica do sensor. O acelerómetro mede a aceleração através de um pêndulo, sendo posteriormente inferido o valor da vibração produzida através de cálculos por *software*. O sensor do acelerómetro triaxial apresenta-se como sendo robusto, estável e preciso, com uma gama dinâmica devido ao seu pequeno tamanho e peso, o que facilita a sua integração (User Manual *ergoPLUX*, 2011).

Este equipamento, relativamente à medição de vibrações, integra na sua análise o *Decreto-Lei nº46/2006* que estabelece os valores limite de exposição (VLE) e os valores de acção de exposição (VAE) a vibrações transmitidas ao sistema mão-braço e ao corpo inteiro. Para as vibrações transmitidas ao sistema mão-braço são fixados os seguintes valores: o VLE é de 5 m.s.⁻²; o VAE é de 2,5 m.s.⁻². Para as vibrações transmitidas ao corpo inteiro são fixados os seguintes valores: o VLE é de 1,15 m.s.⁻²; o VAE é de 0,5 m.s.⁻².

Computer Aided Three-dimensional Interactive Application (CATIA V5)

Para a elaboração de propostas de melhoria ao nível do *design* dos postos de trabalho (equipamentos, máquinas), recorreu-se ao CATIA V5. Este é um *software* de desenho e simulação em 3D, amplamente usado na indústria automóvel, naval, farmacêutica, aeronáutica, entre outras (Jaecheol, 2012).

4.3.4 - Procedimentos

Para a aplicação dos instrumentos referidos anteriormente, houve a necessidade de estabelecer quatro momentos distintos com finalidades diferentes mas complementares e tendo, cada um, um seguimento lógico face ao anterior. Inicialmente fez-se uma recolha e análise de registos (exemplos: documentação dos processos, normas de trabalho, acidentes de trabalho, fluxos processuais) o que, conjugadamente com os dados do pedido, permitiu ter uma orientação prévia nos primeiros contactos ou observações livres realizadas no local de trabalho. Após algum tempo despendido para as observações livres que permitiram a obtenção de registos sobre a actividade e tarefas, iniciou-se a elaboração de um guião para as entrevistas aplicadas aos operadores envolvidos. O local escolhido para a ocorrência das entrevistas foi um escritório, o que possibilitou um bom diálogo entre entrevistador (autor do estudo) e entrevistado num ambiente relativamente informal. Dependendo da natureza das informações, em determinados momentos fez-se a recolha de informação áudio, havendo, contudo, a permissão e consentimento para esse efeito por parte dos intervenientes. Finalizadas as entrevistas, os resultados foram tratados e analisados de forma a orientar a aplicação dos restantes instrumentos de análise. Através da análise integrada das observações livres com os dados obtidos pelo questionário foi possível a elaboração de um conjunto de questões que iriam constituir o pré-diagnóstico.

Com base nas questões formuladas e nos resultados obtidos, definiu-se um plano de observação (anexo 4, página 107), prosseguindo-se com a recolha de vários tipos de dados pelas observações sistemáticas (exemplos: posturas, duração das tarefas, entre outros) através de meios de registo (gravação) audiovisual. Posteriormente a essa recolha de informação foram aplicados os métodos observacionais, utilizando-se o REBA nas posturas mais frequentes e com graus de amplitude mais próximos dos limites articulares, abrangendo todas as tarefas realizadas pelos operadores, independentemente da classificação que tenha sido atribuída por estes (nas entrevistas). Finalizada a aplicação do método REBA, foram escolhidas todas as tarefas que envolvem o levantamento e depósito de cargas bi-manual de forma a aplicar a equação simples e composta do NIOSH. Para a recolha das distâncias que iriam determinar os factores multiplicadores na equação do NIOSH, solicitou-se aos operadores que simulassem as posturas registadas durante o levantamento manual de cargas nas várias tarefas. Destaca-se, ainda, que no caso em que as cargas eram as mais penosas foi requerido apenas a simulação sem manipulação real das mesmas, de forma a evitar situações de sobrecarga e fadiga. Para situações semelhantes, em que os valores das distâncias diferiam apenas devido às dimensões da própria carga, foram utilizadas imagens de referência com ajustamentos proporcionais. A equação composta do NIOSH possui como limitação a quantidade de situações que podem ser consideradas para o cálculo, isto é, o número de situações não pode ser elevado. Por esta razão, as várias condições de levantamento e depósito de cargas associadas a uma determinada tarefa, tiveram que ser ajustadas à sua frequência sazonal (diárias, semanais, mensais e anuais). Após a obtenção dos resultados por estes dois instrumentos, foi determinado, com base na distribuição das tarefas pelos vários operadores, o valor médio da exposição biomecânica ocupacional para os membros superiores (no caso do REBA) contemplando as épocas baixa e alta de produção.

Numa terceira fase, pretendeu-se a quantificação da exposição através de métodos de medida directa tendo como recurso a electromiografia de superfície e a acelerometria através do *ergoPLUX*. Os resultados do método REBA foram cruciais na medida em que conduziram e determinaram a aplicação da electromiografia, uma vez que, após seleccionadas as tarefas com valores de *score* mais elevados do REBA, se apurou os segmentos corporais que determinaram o agravamento do valor desses *scores*; neste caso, a maioria deveu-se aos membros superiores e ao tronco. Desses segmentos corporais, foram destacados os músculos superficiais (trapézio superior, deltóide médio, deltóide anterior e bicípite braquial) que contribuíram para a realização dos movimentos (abdução, flexão, rotação) e que determinavam de forma significativa o resultado do *score*. Antes da aplicação propriamente dita do EMG, recorreu-se à palpação anatómica superficial para a colocação dos sensores no ventre dos músculos, tendo em linha de conta a orientação das fibras de cada músculo. A escolha dos operadores para a aplicação deste equipamento foi aleatória, tendo apenas como requisito a realização efectiva (diária) das tarefas por parte do operador eleito. Antes de fazer o registo dos dados da EMG nos vários momentos, foi solicitado a cada um, ou várias vezes ao mesmo indivíduo, a realização de um conjunto de movimentos específicos de forma a determinar a CVM dos músculos em análise. Esses movimentos foram: fazer flexão do antebraço com o cotovelo a 90° (bicípite braquial); braço em extensão fazer elevação (deltóide médio); braço em extensão empurrando para a frente (deltóide anterior) e braço em extensão empurrando para cima e para trás (trapézio superior). A recolha de dados pela EMG nas várias tarefas teve como tempo mínimo de registo os 20 minutos, podendo em alguns casos ultrapassar de forma a abranger uma maior diversidade de tarefas ou estratégias face às cargas manipuladas durante a realização do trabalho. A acelerometria foi utilizada para registar os valores das vibrações a que os operadores estão expostos, nos momentos de exercício de força sobre ferramentas de trabalho (martelagem). A duração de registo das tarefas com vibrações pode ser apenas um minuto ou no máximo cinco, considerando a frequência das acções que induzem a ocorrência de vibrações. O sensor triaxial do acelerómetro foi colocado no centro da palma da mão (esquerda ou direita) que recebe as vibrações. Todo o processo de calibração do sensor foi levado a cabo pela própria empresa detentora do equipamento, antes da aplicação do mesmo.

Ainda nesta fase é utilizada, por meio de simulação através do HARSim, a estimação aproximada das forças exercidas ao nível da coluna vertebral em contexto ocupacional, considerando as medidas (antropométricas da população portuguesa) obtidas de um estudo (Barroso et al, 2005) que foram passíveis de integrar no programa. A simulação passará pelas tarefas que se destacaram pela presença de transporte e MMC de forma assimétrica (essencialmente) ou simétrica, associada às diferentes estratégias operatórias levadas a cabo pelos operadores (anexo 5, página 110).

Uma última fase corresponderá ao diagnóstico e um conjunto de propostas de melhoria. As propostas escolhidas serão posteriormente desenvolvidas pelo programa CATIA V5, tendo como fontes de informação os resultados obtidos dos instrumentos utilizados ao longo do estágio. Todas as fases referidas anteriormente decorreram durante o estágio na SCC, S.A., entre Outubro de 2011 e Maio de 2012.

4.3.5 - Tratamento Estatístico

Os dados obtidos pelos instrumentos empregues serão apresentados em tabelas devido à reduzida dimensão da amostra em causa, onde serão apresentadas as frequências absolutas e relativas para as variáveis nominais e os parâmetros de tendência central para as variáveis quantitativas.

4.4 - Pré-Diagnóstico

Através da investigação do funcionamento da empresa, das observações livres das situações de trabalho e dos conhecimentos da Ergonomia sobre o Homem no Trabalho, foi possível elaborar um enunciado provisório de relações entre certas condições de realização do trabalho, das características e dos resultados da actividade. As várias hipóteses apresentadas seguidamente encontram-se relacionadas entre si, com um grau de especificação diferenciado.

- Será que nas tarefas que implicam levantamento e depósito de cargas, o peso limite recomendado é respeitado?
- Será que todas as tarefas contribuem com a mesma exposição biomecânica associada ao transporte e MMC?
- Será que as diferentes estratégias levadas a cabo pelos operadores no transporte e MMC contribuem para o agravamento ou redução da exposição biomecânica?
- Será que as vibrações sentidas durante o processo de martelagem nas provas hidráulicas ultrapassam os valores limite?

4.5 - Análise da Actividade

Após a aquisição da informação relativa à prescrição das tarefas que os operadores têm a seu cargo no Sector, é necessário fazer a confrontação das mesmas com a realidade, ou seja, a actividade real que resulta da adaptação aos constrangimentos, necessidades e interpretações individuais. Foi solicitado aos operadores que classificassem perceptivamente o esforço físico associado a cada uma das tarefas que realizam diariamente (tabela 5) e identificassem aquelas que provocam desconforto postural, de forma a averiguar quais as tarefas que implicam uma maior atenção na sua análise. O desconforto postural foi referenciado nas tarefas de pintura, decapagem, enchimento de tubos e colocação de produto em paletes e contentores (vermelhos).

Tabela 5: Classificação atribuída quanto ao esforço físico percebido, na realização das várias tarefas pelos diversos operadores (1- Muito reduzido; 2- Reduzido; 3- Médio; 4- Elevado; 5- Muito elevado; NR- não realiza a tarefa em questão).

Tarefas / Operadores		1	2	3	4	5	6	7	8
Esforço Físico	1-Acondicionamento de vasilhame em paletes	2	2	3	2	2	2	2	1
	1-Retirada de vasilhame das paletes	3	3	3	2	2	5	3	2
	1-Retirada de vasilhame dos contentores	4	4	3	3	4	5	3	3
	1-Movimentação manual do vasilhame para locais de stock	2	3	3	2	2	4	3	2
	1-Inspecção visual do tubo	1	1	1	1	2	2	1	2
	2-Decapagem dos tubos	3	3	2	3	NR	3	3	2
	3-Montagem e Manutenção dos Acessórios nos tubos	2	3	NR	2	2	3	1	2
	4-Preparação dos tubos para as provas hidráulicas	3	3	3	4	2	5	3	3
	4-Lavagem dos tubos para as provas hidráulicas	4	4	4	5	4	4	4	3
	4-Prova hidráulica	1	3	NR	4	NR	4	NR	2
	4-Carimbagem nas provas hidráulicas	3	4	NR	5	4	4	5	3
	5-Pintura dos tubos	3	3	2	3	NR	3	3	2
	6-Colocação de autocolantes nos tubos	2	1	2	1	2	2	1	1
	7-Enchimento dos tubos	3	3	NR	4	4	4	3	3
	7-Colocação de selos de segurança nas válvulas dos tubos	2	1	2	1	2	3	2	2
	8-Colocação do produto nas paletes para armazenamento	2	5	3	4	5	5	4	3
	8-Movimentação manual do produto para locais de stock	4	4	3	3	4	4	4	3
	9-Preparação de encomendas em paletes	3	4	NR	4	3	5	3	3
	9-Preparação de encomendas em contentores	4	5	NR	5	5	5	5	4
	10-Verificação e identificação de fugas nos tubos	3	5	NR	4	NR	NR	NR	NR
Manutenção de equipamentos/máquinas	3	3	3	2	3	3	3	NR	
Embalamento (ocorre nas tarefas: 1, 7 e 9)	1	1	NR	1	1	2	2	2	

Quanto à organização do trabalho, sempre que existe mudança de turnos são facultados alguns minutos dedicados à partilha de informação por parte dos operadores, onde é dado conta o que se fez e o que é necessário dar continuidade. Um dos operadores é encarregue de imprimir ou consultar no SAP a lista de *picking*, que apresenta todas as remessas pendentes feitas à SCC relativamente à transacção de tubos de CO₂ no dia em questão, para as processar antecipadamente à chegada do operador responsável pela movimentação de cargas (esta lista actualiza-se automaticamente, razão pela qual deve ser consultada várias vezes ao longo do turno). Independentemente da quantidade de tubos e de se tratar de encomenda ou de chegada de vasilhame, o meio de transporte utilizado para estes são as paletes ou contentores, que por sua vez são manuseados pelos porta-paletes (manual ou eléctrico). No caso das paletes, os tubos vêm maioritariamente acondicionados com plástico (fita *para filme* em regra) ou por uma grade móvel. É a própria equipa que distribui as tarefas entre os vários elementos, estando esta repartição em alguns casos, pré-estabelecida.

Relativamente à organização temporal do trabalho, os horários de pausa para as refeições não são rígidos podendo haver algumas variações face às necessidades laborais, no entanto, é usual a ocorrência nos vários turnos a realização de pelo menos uma pausa para além da contemplada formalmente.

Todas as tarefas que serão analisadas implicam a MMC, com graus de solicitação diferentes. Em norma, toda a MMC é feita por levantamento/depósito, empurrar, puxar e transportar (por elevação total ou arrastamento no chão). O ritmo de trabalho é intenso, tendo maior ênfase na época alta de produção, onde os níveis de *stress* do trabalho são agravados. O trabalho em equipa é crucial, sendo facilitado pela boa partilha de conhecimentos e de perícias. O ambiente de trabalho destes operadores encontra-se sujeito às variações atmosféricas e caracteriza-se por níveis de ruído elevados durante a realização de algumas tarefas (exemplo: provas hidráulicas; preparação e enchimento de tubos).

Tarefa 1: Controlo e acondicionamento de vasilhame entregue

Todo o vasilhame que entra no sector deve vir acompanhado por uma guia, onde o operador irá confirmar se o número de tubos que foram entregues corresponde com o que está descrito na mesma, para posteriormente preencher a folha de controlo de vasilhame. Caso o vasilhame não possua guia ou faltem tubos, este não é processado (colocando sobre o mesmo uma nota de informação). É verificado ainda se os tubos pertencem à SCC e observam-se as datas das provas hidráulicas, o que implica a movimentação manual dos mesmos. Os tubos que se encontram dentro da prova vão para o local específico de enchimento ou são acondicionados em paletes/contentores para posteriormente serem alvo de enchimento. Os tubos que estejam fora da prova são transportados para o local de decapagem ou então são colocados em paletes/contentores para armazenagem. Estão atribuídas zonas específicas para a colocação do vasilhame de tubos GASIN e para os que pertençam à concorrência. Todas as paletes armazenadas possuem informação do que contém e o que é necessário fazer. É verificado ainda o estado do tubo aquando da sua chegada. Se os acessórios deste estiverem com algum defeito ou em mau estado, este é transportado para o local de vasilhame com necessidades de reparação dos acessórios. Por vezes, o tubo estando dentro da prova encontra-se com a pintura muito desgastada e corroída e quando tal se verifica o tubo pode ser transportado para o local de decapagem para ser decapado e depois pintado. Se os tubos estiverem com muita sujidade pode ser realizada uma breve lavagem com água. Durante o controlo e acondicionamento do vasilhame é possível constatar-se a existência de plástico na parte inferior da válvula nos tubos e esta situação indica que o tubo foi atestado de CO₂ numa outra instalação que não a

SCC, podendo acarretar situações de risco, por contaminação (diversidade de formas para a obtenção de CO₂).

Quando o vasilhame chega em grades móveis ou quando é acondicionado com fita para filme ultrapassando a capacidade da palete, por questões de segurança, os operadores retiram alguns tubos antes de retirarem a grade ou o plástico, evitando assim situações de queda de tubos, o que implica a produção de maior força muscular para vencer a variação de altura suportando o peso do tubo.

Tarefa 2: Decapagem dos tubos

Todos os tubos que necessitam de ser decapados são colocados manualmente numa zona específica para este efeito, onde o operador irá abrir as válvulas de forma a retirar o gás que possa estar presente no interior do tubo. Caso o tubo possua muitos resíduos de tinta, autocolantes ou outros de diferentes naturezas, é realizado primeiramente alguma decapagem manual, antes do uso da máquina, com auxílio da escova de arame ou do riscador. Isto pode ser ainda verificado se após a decapagem na máquina existirem pequenas zonas que foram mal decapadas. Como é necessário o uso de decapante, para facilitar o processo, este é colocado pelos operadores em copos de plástico numa base que funciona como base móvel de suporte para o material. Caso não haja este produto industrial, os tubos de alumínio são os únicos que podem ser sujeitos a decapagem. É usual a acumulação de vestígios da decapagem dos tubos na base da máquina e em redor, razão pela qual é necessária uma manutenção e limpeza semanal que fica a cargo dos operadores.

Etapas operacionais:

- 1- É espalhado decapante na zona alvo com auxílio de uma trincha no tubo. Nunca se coloca de seguida o tubo que foi sujeito à aplicação de decapante no interior da máquina de decapagem, deixando-se sempre algum tempo de intervalo para possibilitar uma maior acção deste produto;
- 2- O tubo é transportado e depois levantado para ser depositado no suporte específico para a base do tubo, encontrando-se este no interior da máquina de decapagem;
- 3- Insere-se o braço de apoio na válvula do tubo;
- 4- Acciona-se o manípulo de fixação do braço de apoio;
- 5- Regula-se a altura das escovas de decapagem através da alavanca;
- 6- Fecha-se a porta da máquina;
- 7- Pressiona-se o botão “ON”;
- 8- Faz-se alguma pressão contra a porta e movimenta-se a alavanca na vertical, com base na região que é necessária decapar;
- 9- Terminado o processo, pressiona-se o botão “OFF”;
- 10- Abre-se a porta da máquina, inspecciona-se visualmente o tubo, se não estiver bem decapado volta-se à etapa 6, se estiver segue-se com a etapa 11;
- 11- Retira-se o manípulo de fixação do braço de apoio;
- 12- Retira-se o braço de apoio da válvula;
- 13- Levanta-se o tubo da base de suporte para fora da máquina;
- 14- Executa-se um controlo visual da decapagem feita;
- 15- Se o tubo estiver bem decapado este é colocado numa zona de acumulação de tubos decapados, para posteriormente serem transportados para o local das provas hidráulicas ou acondicionados em paletes para armazenamento;
- 16- Se não estiver bem decapado volta-se à etapa 1.

O decapante utilizado tem como características ser nocivo por inalação e contacto com a pele, inflamável e possibilidade de efeitos cancerígenos (substância contida: Diclorometano Metanol).

Tarefa 3: Montagem e Manutenção dos Acessórios nos Tubos

Esta tarefa, apesar de poder ser analisada como tarefa individual, ocorre regularmente como tarefa intermédia de outras, como é o caso nas provas hidráulicas e na verificação de fugas de gás dos tubos. Para cada válvula existe uma chave própria que a permite desapertar e apertar. Existem válvulas que são específicas para um tipo de tubo, como por exemplo: as válvulas Luxfer e as de “alumínio” são exclusivas de tubos de alumínio; os tubos de ferro de 2,6kg só possuem válvulas K46; os restantes tubos de ferro alternam entre válvulas K46 e Neriki. Verificam-se diferenças na montagem das válvulas para tubos de ferro e de alumínio. As válvulas usadas para os tubos de alumínio, com excepção das de “alumínio”, são de rosca paralela sendo apenas introduzido na rosca um *O-ring* de borracha antes da introdução e montagem da mesma no tubo. Na montagem de um modelo específico da válvula Luxfer usa-se um tampão para a abertura/saída da válvula de forma a proteger a sua estrutura da elevada pressão/força que será exercida pela chave sobre a válvula. Isto acontece porque a chave existente não é a mais adequada para a especificidade desta válvula. Os tubos de alumínio possuem na sua constituição, relativamente a acessórios, um elemento que lhes é característico, sendo esse o freio. Nos tubos de ferro, as válvulas usadas são de rosca cónica, colocando-se na rosca fita teflon antes de se prosseguir com a sua introdução e montagem no tubo.

Antes da desmontagem de qualquer válvula, os operadores verificam, como norma de segurança, a ausência de CO₂ comprimido no interior dos tubos. À semelhança de outras tarefas, todos os tubos que serão alvo de montagem ou desmontagem de acessórios encontram-se num local específico para esse efeito. É comum a reutilização de válvulas mas antes de serem usadas é retirado o *O-ring*, se for o caso, ou os restos existentes de fita teflon. Se necessário, os operadores recorrem à máquina de pedra esmeriladora para alisar/limpar as cónicas das válvulas ou outras peças que constituem as válvulas, usando nestes casos os óculos de protecção. Constata-se, por vezes, o uso de ar comprimido ou de uma escova de arame para retirar poeiras ou sujidade acumulada na rosca do tubo após a desmontagem da válvula e dos acessórios, que facilmente podem ser inaladas. Apesar das etapas operacionais que se seguem se referirem à montagem, estas são iguais, apenas invertidas no caso da desmontagem.

Etapas Operacionais:

a) Montagem de acessórios nos tubos de ferro:

1. Colocam-se as peças necessárias para o trabalho em causa na bancada;
2. Transporta-se o tubo do local onde se encontra depositado para o macaco hidráulico de fixação;
3. Acciona-se o manípulo de apertamento da prensa mecânica no tubo;
4. Acciona-se o manípulo responsável pela subida do macaco hidráulico de fixação;
5. Retira-se a tulipa do tubo manualmente ou com a ajuda da chave para desapertar tulipas;
6. Insere-se na rosca da válvula fita teflon;
7. Introdz-se a válvula no tubo, rodando-a manualmente;
8. Coloca-se a chave de apertar/desapertar na válvula;
9. Insere-se o braço de transmissão à chave;
10. Acciona-se o manípulo de apertar a válvula no tubo;
11. Retira-se o braço de transmissão da chave;
12. Retira-se a chave de apertar da válvula;

13. Coloca-se a tulipa no tubo, sendo esta rodada até ficar totalmente imóvel e na posição correcta;
14. Acciona-se o manípulo responsável pela descida do macaco hidráulico de fixação;
15. Acciona-se o manípulo de retirada da prensa mecânica do tubo;
16. Retira-se o tubo do macaco hidráulico e este é transportado para o local pretendido.

b) Montagem de acessórios nos tubos de alumínio:

1. Colocam-se as peças necessárias para o trabalho em causa na bancada;
2. Transporta-se o tubo do local onde se encontra depositado para o macaco hidráulico de fixação;
3. Acciona-se o manípulo de apertamento da prensa mecânica no tubo;
4. Acciona-se o manípulo responsável pela subida do macaco hidráulico de fixação;
5. Retira-se a anilha de freio com auxílio de um alicate de freios e de uma chave de fendas;
6. Retira-se a tulipa do tubo manualmente ou com a ajuda da chave para desapertar tulipas ou de um martelo;
7. Coloca-se a tulipa no tubo, sendo esta rodada até ficar totalmente imóvel e na posição correcta;
8. Insere-se a anilha de freio com auxílio de um alicate de freios e de uma chave de fendas;
9. Insere-se na rosca da válvula o *O-ring* de borracha ou fita teflon (válvulas de “alumínio”);
10. Introduce-se a válvula no tubo, rodando-a manualmente (coloca-se um tampão na abertura/saída da válvula se for no caso particular);
11. Coloca-se a chave de apertar na válvula;
12. Insere-se o braço de transmissão à chave;
13. Acciona-se o manípulo de apertar as válvulas no tubo;
14. Retira-se o braço de transmissão da chave;
15. Retira-se a chave de apertar da válvula;
16. Acciona-se o manípulo responsável pela descida do macaco hidráulico de fixação;
17. Acciona-se o manípulo de retirada da prensa mecânica do tubo;
18. Retira-se o tubo do macaco hidráulico e este é transportado para o local pretendido.

Apesar de algumas diferenças demonstradas, existem etapas semelhantes na montagem dos acessórios nos dois tipos de tubos existentes. No processo de montagem das válvulas de alumínio pode optar-se pelo uso da chave dinamométrica, em vez da chave para apertar válvulas na qual seria inserido o braço de transmissão, permitindo de forma manual a introdução da válvula na rosca do tubo (as etapas 12 a 14 não existem neste caso). A este nível, em qualquer uma das opções que tenha sido escolhida, é necessário ter cuidado com a força exercida durante a montagem, de forma a evitar danificações na rosca do tubo (é emitido um som característico durante a operação que indica o aperto máximo permitido pela válvula). Na colocação da tulipa, independentemente do tipo de tubo, pode ser necessário a colocação de óleo de forma a facilitar a movimentação desta até à posição fixa e correcta. A preparação das válvulas (colocação dos *O-rings* ou da fita teflon) pode ser feita previamente à realização desta tarefa.

c) Manutenção dos acessórios:

No caso de avaria estar no manípulo ou nos seus constituintes:

Tubos de alumínio:

1. Com auxílio de um pulsão e de um martelo retira-se o freio do manípulo;
2. Retira-se o manípulo e troca-se por outro, insere-se o freio do manípulo retirado anteriormente ou um novo, recorrendo ao mesmo material.

Tubos de ferro:

1. Com auxílio de uma chave luneta retira-se a porca e anilha do manípulo;

2. Retira-se o manípulo e troca-se os materiais necessários recorrendo ao mesmo material.

No caso de existir avarias nos demais constituintes da válvula (tubos de ferro e de alumínio):

1. Utiliza-se a chave de bocas para a abertura dos constituintes mais externos da válvula (exemplo: fusível ou sistema anti-retorno) e a chave de caixa ou roquete para os mais internos (exemplo: castelo, hastes).

Na manutenção dos acessórios são repetidas as quatro etapas iniciais e as três etapas finais da montagem de acessórios nos tubos anteriormente referidas. Por vezes, os tubos são retirados e colocados no macaco hidráulico de forma assimétrica sem este ter descido até ao nível do chão. Na realização destas tarefas, é necessário o uso de uma base, seja para estabilidade do tubo quando apertado pela prensa mecânica (tubos ferro-velho) ou como meio de elevação para possibilitar a introdução do braço de transmissão na chave de apertar/desapertar válvulas (tubos de 8kg).

Tarefa 4: Provas Hidráulicas

Todos os tubos que serão alvo de prova hidráulica encontram-se decapados tendo apenas as tulipas como acessório, de forma a facilitar o transporte e a movimentação manual (MM) destes durante esta tarefa, o que nem sempre se verifica, essencialmente nos tubos de ferro-velho. Esta é a tarefa que demora mais tempo (dias) a ser preparada e que necessita de uma melhor gestão de tarefas ao longo dos vários turnos. Foi apurado que as únicas ocasiões onde ocorre MMC com a participação de dois ou mais operadores para uma mesma carga decorrem nesta tarefa com os tubos de 20kg e 25kg.

Etapas Operacionais:

1. É retirado, de cada tubo, vários dados informativos que o identificam (exemplo: o ano de fabrico, a capacidade, entre outros). Após esta operação faz-se uma cruz usando giz em cada tubo de forma a permitir identificar facilmente que do tubo já foram retirados os dados;
2. Os tubos são acondicionados na zona específica designada para as provas hidráulicas;
3. É inserida água em todos os tubos para retirar a sujidade contida no seu interior;
4. A cabine onde ocorre a prova hidráulica é aberta e preparada, retiram-se as válvulas cegas (não possuem fusível de segurança) das mangueiras (8) para serem montadas nos tubos cheios de água;
 - 4.1. A montagem das válvulas inicialmente é manual e depois é semelhante ao processo de montagem de acessórios nos tubos (uso preferencial da chave dinamométrica);
 - 4.2. Nas oito mangueiras de alta pressão é colocado um *O-ring*: estes têm a função de vedar a ligação entre a mangueira e a válvula cega;
 - 4.3. As mangueiras existentes no interior da cabine são ligadas às válvulas cegas que se encontram montadas nos tubos;
 - 4.4. Fecha-se a cabine, liga-se o circuito de pressão e abre-se a válvula da bomba que permite a entrada de água para as mangueiras, iniciando-se assim a prova hidráulica;
 - 4.5. A pressão máxima exercida sobre os tubos é de 250 bar durante 30 segundos (norma do Instituto de Soldadura e Qualidade - ISQ);
 - 4.6. No final de cada teste as mangueiras e as válvulas são retiradas e inseridas nos tubos que se seguem, repetindo-se as etapas 4.1, 4.3 e 4.4 até completarem os 200 tubos. Os tubos com a prova feita são acondicionados num local diferente mas próximo;
5. Os tubos são virados do avesso e deixados a secar durante algum tempo, após a secagem são novamente virados para a posição normal;

6. Com a chegada do(a) técnico(a) designado pelo ISQ, cada tubo é inspeccionado com o auxílio de equipamento específico para esse efeito (uma fonte de luz conduzida por fibra óptica);
 - 6.1. Se o tubo possuir partículas soltas no seu interior, o(a) técnico(a) solicita ao operador para virar o tubo do avesso, possibilitando, assim, a saída das mesmas. Após esta operação o tubo volta a ser colocado na sua posição normal para o(a) técnico(a) inspeccionar novamente.
 - 6.2. Se existir sedimentação nas paredes internas do tubo, o(a) técnico(a), com auxílio de um varão de ferro efectua uma ligeira raspagem e pede ao operador para o virar do avesso.
 - 6.2.1. Se após este procedimento existir ainda alguma sedimentação nas paredes internas do tubo, o(a) técnico(a) solicita ao operador para introduzir e ligar a mangueira de ar comprimido. Para esta acção, o operador desloca o tubo para o local onde se encontra a mangueira, prosseguindo depois com o pedido.
 - 6.2.2. O(a) técnico(a) pode ainda aconselhar ao operador a efectuar alguma martelagem na base do tubo de forma a “desprender” alguma sedimentação depositada no fundo do tubo, estando este virado ao contrário.
 - 6.3. Se o tubo internamente estiver húmido e com sedimentação, o(a) técnico(a) demanda ao operador para efectuar uma lavagem com água. O operador desloca o tubo para um local apropriado a esse efeito e introduz primeiramente a mangueira de água e seguidamente liga a torneira. Após algum tempo, em que a água se encontra a circular dentro do tubo e a escoar para fora do mesmo, é desligada a torneira (quando a água que sai do tubo for translúcida) e retirada a mangueira para posteriormente virar do avesso o objecto, efectuando assim, o escoamento da água do seu interior.
 - 6.3.1. Após algum tempo com o tubo virado do avesso o operador vira-o à posição normal e desloca-o para o(a) técnico(a) o inspeccionar novamente e se este(a) verificar que o tubo ainda está húmido por dentro pode pedir ao operador que aplique ar comprimido no interior do tubo, acelerando assim a sua secagem.
7. Se o tubo for aprovado pelo(a) técnico(a) o operador irá transportá-lo para um local designado para a deposição dos mesmos e depois prosseguir com a primeira fase de carimbagem: a de aprovação da inspecção (símbolo identificativo do profissional).
 - 7.1. Se o tubo não for aprovado pelo(a) técnico(a) o operador irá colocá-lo na zona específica de armazenamento de tubos para a sucata.
8. Por fim, prossegue-se com a montagem dos acessórios nos tubos aprovados onde ocorre a segunda fase de carimbagem (após a etapa 5 no caso de válvulas para tubos de ferro ou após a etapa 6 no caso de válvulas para tubos de alumínio). Carimba-se ao lado do anterior carimbo a data da inspecção efectuada (ano e mês) e por baixo do ano a data da futura inspecção (ano).

Quando os tubos são arrumados no local para as provas hidráulicas, estes são alinhados paralelamente de forma a facilitar a contagem dos mesmos. Existem momentos durante os quais os tubos, durante a concretização desta tarefa, não possuem tulipas e isto implica mais esforço físico por parte dos operadores na sua MM e um aumento da probabilidade de queda dos tubos (acentuada nos tubos de ferro-velho). Antes do(a) técnico(a) efectuar a inspecção e se for necessário, um operador irá limpar as roscas dos tubos de possíveis vestígios de fita teflon. Como a preparação dos tubos é feita com antecedência à própria inspecção, podem ser colocados separadores por cima dos mesmos de forma a evitar a acumulação de poeiras no seu interior (caso estes tenham sido colocados na posição normal após a retirada de água no seu interior). Durante a utilização do ar comprimido são libertadas para o ar partículas contidas no interior do tubo e durante esse processo os operadores não usam máscaras de protecção respiratória, estando sujeitos à inalação das mesmas. Se o(a) técnico(a) constatar a perda de espessura das paredes dos tubos devido à corrosividade interna, este(a) utiliza um aparelho que permite

fazer a medição da espessura a fim de determinar se o tubo se encontra apto ou não para o mercado, tendo como base critérios específicos (perda de 1cm de espessura ou 5% do peso total). Durante a inversão dos tubos para a posição normal, é usual recorrer-se à utilização de uma base que atenua a queda dos tubos quando empurrados, em que o operador apenas irá orientar o posicionamento do tubo recorrendo à tulipa como pega. A carimbagem é realizada manualmente com recurso aos numeradores (peças usadas para carimbar as datas e o símbolo do(a) inspector(a) nos tubos) e martelos. Por norma, as duas fases de carimbagem são concretizadas em turnos diferentes; os operadores apresentam queixas devido à ocorrência de parestesias (“choques eléctricos”) ao nível dos membros superiores, mais concretamente no que executa o movimento de martelagem e recebe ao mesmo tempo a vibração resultante dessa acção. Durante a carimbagem é usual a projecção dos numerados e a martelagem accidental nos dedos ou membros inferiores. Após a carimbagem e a colocação dos acessórios nos tubos, estes são movimentados ao local designado para pintura dos tubos.

Tarefa 5: Pintura dos tubos

Dependendo do estado da tinta, poderá ser necessário misturar diluente de forma a tornar a tinta mais líquida e menos viscosa. Quase toda a pintura dos tubos é feita após as provas hidráulicas. O processo de pintura é executado em quatro momentos: a pintura manual da base do tubo com a cor de vinho; a pintura manual da parte superior do tubo com a cor amarela; a pintura com auxílio da máquina de decapagem/pintura da zona intermédia do tubo com a cor cinzenta e, por fim, a pintura manual das datas das provas hidráulicas em cinzento. Os tubos de alumínio nunca são pintados. Uma mesma trincha pode ser usada para diferentes cores, por isso a sua manutenção ocorre com maior regularidade. São colocados em água durante 24h (pincéis e rolo) e posteriormente é aplicado ar comprimido sobre os mesmos (secagem acelerada).

A pintura da base do tubo ocorre antes da finalização da etapa 5 das provas hidráulicas, estando os tubos virados ao contrário. Não existe qualquer suporte que confira segurança quanto ao posicionamento dos tubos (invertidos), o que pode conduzir, em situações extremas, à queda de todos os tubos (200), comprometendo a integridade física dos operadores que se situem próximos da área em causa.

Etapas operacionais:

1. É preparada a tinta e a trincha para a pintura;
2. Com auxílio da trincha é pintado a base de todos os tubos;
3. É deixado um dia a secar a pintura.

Na pintura da parte superior do tubo recorre-se a uma base de suporte móvel para o material de pintura e outra base onde é colocado o tubo de forma a elevá-lo. Este último suporte é utilizado em tubos de 8 e 10kg de ferro, sem contabilizar os de 10kg de ferro alto.

Etapas operacionais:

1. É preparada a tinta e a trincha para a pintura;
2. Levanta-se o tubo depositando-o no suporte, caso necessário;
3. Com auxílio da trincha é pintada a zona superior do tubo e o operador vai rodando o tubo à medida que pinta, fazendo sempre um controlo visual;
4. Após a pintura, os tubos que estão pintados são colocados em locais distintos dos que estão para ser pintados;
5. Os tubos são deixados a secar durante um dia e, se for necessário, realiza-se uma nova pintura após esse período.

A pintura da zona intermédia ocorre maioritariamente no interior da máquina de decapagem/pintura com auxílio de um rolo de pintura. No entanto, se a máquina de

decapagem/pintura não estiver disponível, o processo é semelhante ao da pintura da parte superior (efectuado com o uso de uma base móvel).

Etapas operacionais:

1. É preparada a tinta e o rolo de pintura;
2. O tubo é transportado para depois ser levantado e depositado no suporte específico para a base do tubo, encontrando-se este no interior da máquina de decapagem/pintura;
3. Insere-se o braço de apoio na válvula do tubo;
4. Acciona-se o manípulo de fixação do braço de apoio;
5. É colocado o rolo no recipiente com a tinta;
6. Pressiona-se o botão “ON”;
7. É colocado o rolo junto ao tubo que se encontra em rotação;
8. Oscila-se o rolo de pintura ao longo do tubo, verificando se a região em causa fica pintada de cinzento;
9. Se o rolo ficar sem tinta, coloca-se novamente este no recipiente com a tinta;
10. Terminado o processo, pressiona-se o botão “OFF”;
11. Retira-se o manípulo de fixação do braço de apoio;
12. Retira-se o braço de apoio da válvula;
13. Levanta-se o tubo da base de suporte para fora da máquina;
14. Prossegue-se com um controlo visual da pintura;
15. Se necessário efectua-se retoques com a trincha ou com o rolo;
16. Coloca-se o tubo num local distinto para secar a pintura.

Com a confirmação da finalização do processo de secagem da pintura da zona superior, a pintura das datas da prova hidráulica pode ser feita antes ou após a pintura da zona intermédia. Utiliza-se a mesma tinta usada para pintar a zona intermédia do tubo ou um spray de cor idêntica, tendo como recurso uma trincha e um molde.

Durante a pintura da zona intermédia e superior o cheiro característico da tinta fica bastante intenso na área onde esta tarefa ocorre, devido à baixa velocidade do ar neste espaço. As tintas utilizadas são inflamáveis, nocivas/irritantes para as mucosas e perigosas para o ambiente, podendo em casos extremos provocar sonolências e/ou vertigens. A maior parte da pintura dos tubos ocorre após as provas hidráulicas, demorando-se em média dois dias a pintar todas as zonas nos 200 tubos abrangidos.

Tarefa 6: Colocação dos autocolantes

Em regra, os dois autocolantes existentes são colocados:

- Depois das duas fases de carimbagem dos tubos e posteriormente à montagem dos acessórios (no caso dos tubos de alumínio), antes da descida do macaco hidráulico de fixação.
- Depois da secagem da pintura dos tubos e posteriormente à montagem dos acessórios (no caso dos tubos de ferro) mas antes da descida do macaco hidráulico de fixação, ou após a secagem da pintura quando os tubos estão depositados em locais específicos para esse efeito, tendo já os acessórios montados.
- Podem ser colocados ainda após o enchimento, caso os existentes nos tubos estejam muito desgastados ou ilegíveis.

Os autocolantes são colocados sobre o tubo na zona inferior e paralelamente à abertura de entrada/saída da válvula. A única diferença entre as três formas anteriores é a postura associada, exigindo as duas primeiras uma flexão dos membros superiores e uma

reduzida flexão da coluna enquanto a última exige flexões superiores nos mesmos segmentos corporais e eventualmente uma postura ajoelhada.

Tarefa 7: Enchimento dos tubos

Antes da realização desta tarefa os tubos são colocados num local específico para o enchimento, tendo esse local uma capacidade média de 232 tubos (9 paletes). Estes são distribuídos e organizados em duas zonas: uma com os tubos que possuem válvulas sem anti-retorno e outra com anti-retorno, sendo verificado a existência de CO₂ no seu interior através da abertura das válvulas. Caso o tubo possua uma grande quantidade deste gás no seu interior, este é colocado de parte para posteriormente ser ligado à mangueira específica da válvula que possui, onde o seu conteúdo será conduzido para o circuito de recuperação do CO₂ (entrada directa nos gasómetros). Ainda antes do enchimento em si ou durante o mesmo, pode constatar-se que algumas tulipas estão colocadas ou fixadas mal em relação à abertura de entrada/saída da válvula. Nestes casos, o operador tenta forçar a rodagem da tulipa até à posição correcta com auxílio de um martelo. Importa ainda referir que a velocidade do enchimento depende essencialmente de dois factores: a pressão existente no interior dos tanques e o estado do líquido (existência de ar e humidade). Nos meses que correspondem à época baixa são formadas, em média (dependendo da quantidade de CO₂ líquido armazenado, do volume de encomendas e do *stock* existente), quatro paletes com tubos por turno, ao passo que, nos meses correspondentes à época alta esse valor é superior podendo chegar às nove paletes. Durante o enchimento o operador encontra-se sujeito a temperaturas baixas, ruído e vibração (mão-braço), todos resultantes e provenientes do circuito de condução do CO₂. Muitas das vezes, o ruído provém ou é agravado durante a abertura das válvulas dos tubos que possuem CO₂ líquido no seu interior.

Etapas operacionais:

1. Abre-se a válvula que permite o abastecimento dos compressores com CO₂ líquido;
2. Abre-se a válvula do tanque que se pretende usar para o enchimento;
3. Faz-se a purga abrindo a válvula para esse efeito e depois fecha-se;
4. Pressiona-se no botão que permite ligar as bombas de enchimento;
5. Insere-se os tubos nas bases das balanças;
6. Faz-se ligação da mangueira de alta pressão específica para o tipo de válvula presente no tubo (rodando esta no sentido horário) e coloca-se o mosquetão na tulipa;
7. Regula-se os contrapesos para fazer a tara (peso equivalente à capacidade pretendida de enchimento) do tubo;
8. Abre-se na totalidade a válvula de entrada/saída de CO₂;
9. Abre-se a válvula macho esférica, específica para o tipo de válvula (com ou sem retorno) que permite a abertura da respectiva mangueira para enchimento de tubos (quando uma das mangueiras é aberta a outra necessariamente tem que estar fechada);
10. Na mangueira não utilizada é colocado o mosquetão;
11. Abre-se a válvula macho esférica de descarga do circuito;
12. Carrega-se no botão de arranque para o enchimento do tubo em questão;
13. Após a finalização do enchimento, o sensor de paragem do mesmo dispara e o operador carrega no botão de arranque para o enchimento do tubo ao lado;
14. Fecha-se a abertura de entrada/saída da válvula do tubo cheio;
15. Fecha-se a válvula macho esférica de descarga do circuito;
16. Retira-se a mangueira da válvula do tubo (rodando esta no sentido anti-horário);
17. Retira-se o tubo da base da balança e coloca-se o tubo cheio ao lado;
18. Retira-se um tubo para enchimento e coloca-se na base da balança, voltando-se à etapa 6 (as etapas 9 e 10 só se fazem uma vez no início do enchimento, prosseguindo

apenas com o seu fecho e abertura da outra quando se altera a mangueira de enchimento).

19. Para a finalização do enchimento abre-se a válvula de interrupção do enchimento e todas as válvulas esféricas macho são fechadas.
20. Coloca-se os contrapesos na posição inicial.

Os tubos de 20 e 25kg são sempre colocados em reduzido número ao lado das bombas antes do enchimento. A sua MM ocorre através da rotação do tubo que é levada a cabo pelos membros superiores (MS) que também são responsáveis pelo controlo do movimento, tendo como pega a tulipa. Nestas ocasiões pode-se usar os membros inferiores (MI) para impulsionar a rotação, reduzindo o papel dos MS (passam a controlar maioritariamente a velocidade de rotação e não só a exercer a força em si). Os tubos de 2,6kg, devido à sua estrutura, são colocados dentro de um balde em cima da balança para o seu enchimento, sendo posteriormente colocados no contentor específico de armazenamento deste produto. O vasilhame destes tubos geralmente encontra-se depositado em contentores vermelhos que são transportados para o local de enchimento para depois serem retirados os tubos à medida que decorre a tarefa. Por vezes, de forma a aumentar a velocidade do enchimento, caso este esteja demorado em tubos com válvulas sem anti-retorno, abre-se a válvula de interrupção do enchimento e após alguns segundos fecha-se a mesma. Observa-se durante a realização desta tarefa a ocorrência de libertação do CO₂ para a atmosfera do local de trabalho, podendo isto provir: da mangueira necessitar de um novo vedante; da existência de fugas por parte da válvula ou, ainda, do facto da válvula que permite a saída do gás do circuito através da mangueira para o interior do tubo não ter sido fechada após a capacidade deste ter sido preenchida na totalidade. Nas situações referidas pode ocorrer a projecção de CO₂ líquido. Quando os operadores não colocam o mosquetão na mangueira que não se encontra em utilização, correm o risco desta ser projectada devido à pressão do gás dentro do sistema. É nesta tarefa que existe um maior nível de ruído resultante da vibração das condutas por onde o CO₂ é transportado em alta pressão, o que obriga ao cumprimento por parte dos operadores na colocação de equipamentos de protecção individual (tampões ou auriculares). Quando os tubos perdem pressão muito rapidamente, o CO₂ líquido solidifica o que faz com que o tubo fique “agarrado” ao piso onde se encontra depositado, quando isto acontece, os operadores fazem força para o “desprender” do chão e o depósito deste é feito sem controlo de forma a soltar o gelo existente nas paredes externas do tubo. Finalizada a tarefa de enchimento, é repostos o número de tubos que foram processados enquanto produto, mas em vasilhame. É de referir ainda que durante a abertura e fecho das válvulas podem ser ultrapassados facilmente os ângulos de “conforto” de abdução e adução da mão. Os tubos nunca são preenchidos com a capacidade total por questões de segurança, havendo sempre uma margem de manobra de 1kg.

Tarefa 8: Acondicionamento do produto

À medida que um operador vai realizando a tarefa de enchimento um outro irá colocar os selos de segurança nas válvulas dos tubos para seguidamente os levantar e depositar nas paletes ou transportá-los para os locais de *stock*. Caso exista uma grande necessidade de aumentar a quantidade de produto armazenado e existam várias tarefas a realizar num mesmo espaço de tempo, poderá ser o próprio operador que, à medida que realiza o enchimento dos tubos acondiciona os mesmos. Os tubos que são acondicionados em paletes enquanto produto são os de 10kg (ferro, ferro alto e alumínio), 7kg e 6kg de alumínio (quando ultrapassado o limite de *stock* no local de deposição destes, ver figura 5 na página 35). Os tubos de 2,6kg são colocados num contentor específico com uma capacidade total de 70 unidades. Depois das paletes estarem completadas por um tipo de tubo e antes de serem armazenadas, são deslocadas com auxílio do porta-paletes eléctrico

ou manual para a máquina de embalagem, sendo colocadas sobre a base giratória da mesma e faz-se um nó com a fita para filme na base da paleta ou entre as tulipas. A base irá rodar, implicando a aderência da fita ao longo de toda a paleta, sendo a altura oscilada pelo operador para a aplicação da mesma. Após a acomodação dos tubos, retiram-se as etiquetas de produção mais antigas existentes nas tulipas. Posteriormente é dada uma ordem de produção no SAP com o número de tubos que foram alvo de enchimento, com as diferentes capacidades, e são impressas as novas etiquetas de produção que serão coladas nas tulipas (verticalmente). Isto pode acontecer antes ou depois de se armazenar ou embalar as paletes ou ainda após a colocação do tubo no local designado a ser depositado. Por vezes, durante o enchimento dos tubos e à medida que o acondicionamento do produto decorre, os operadores molham o piso com água de forma a possibilitar um maior deslize dos tubos durante o seu arrastamento. Esta estratégia também é utilizada durante a época de Verão (época alta de produção) para evitar que poeiras existentes no piso sejam transportadas pelo ar.

Tarefa 9: Preparação de encomendas

Os tubos que serão colocados no mercado possuem etiquetas de produção e selos de segurança nas válvulas. É através das informações da lista de *picking* que um operador (ou mais) inicia a preparação das paletes ou contentores para a(s) encomenda(s). Utiliza-se os contentores vermelhos para encomendas destinadas às ilhas portuguesas, sendo os tubos de ferro-velho (6kg, 7kg) inseridos no seu interior, seguindo-se a colocação dos capacetes (exclusivos para estes tipos de tubo). No caso das paletes, a preparação destas face às encomendas pode ser variável em função do conteúdo (capacidade) e do valor numérico abrangido. Se esse valor corresponder à capacidade de armazenamento de uma paleta, não é necessário a preparação de outra, caso exista em armazenamento. Se o valor for inferior (mas sem grande disparidade), uma paleta armazenada pode ser utilizada sofrendo apenas alterações de conteúdo e/ou do número sendo embalada novamente no final. Por outro lado, se o valor for superior mas em reduzido número, os tubos podem ser colocados e acondicionados em cima das paletes já formadas. Por vezes, as encomendas possuem um reduzido número de tubos e nesses casos os tubos são deitados numa paleta invertida que se encontra por cima de outra. Este procedimento também é utilizado para a preparação de encomendas com tubos de ferro-velho (todas as capacidades existentes) ou de 20kg de alumínio, sendo embaladas de forma manual se o número e a disposição das mesmas assim o exigir (por questões de segurança). Em termos práticos, uma paleta ou contentor tem várias capacidades em função do tubo que é colocado (tabela 6). Pode ainda recorrer-se a outro tipo de contentor para armazenamento de vasilhame ou encomendas com elevado número de um ou dois tipos de tubos.

Tabela 6: Apresentação da capacidade máxima de colocação do produto durante a preparação de encomendas face ao tubo (tipo e capacidade) na utilização de paletes ou contentores vermelhos (N.A.- não aplicável).

Tubos (tipo)	Ferro	Alumínio	Ferro-Velho	Alumínio	Ferro-Velho	Ferro	Alumínio	Ferro-Velho	Ferro	Ferro Alto	Alumínio	GASIN
Tubos (capacidade)	2,6kg	6kg	6kg	7kg	7kg	8kg	10kg	10kg	10kg	10kg	20kg	12kg
Capacidade máxima por paleta	N.A.	28	18	28	18	24	24	9	24	24	5	15
Capacidade máxima por contentor vermelho	25	N.A.	12	N.A.	12	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Capacidade máxima para outros contentores	70	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	36	N.A.	N.A.	12	N.A.

Após a preparação das paletes o operador dirige-se a um tubo com o leitor de código de barras (PDT) para retirar o código de produção existente na etiqueta de produção do tubo, que se encontra colada à tulipa ou válvula (se não existir tulipa). Depois de retirado o código insere-se no leitor a quantidade de tubos com aquela capacidade e pressiona-se no

“ok”. Após esta operação a impressora imprime a etiqueta de palete que será colocada na palete bem como uma etiqueta escrita pelo operador contendo o nome da empresa cliente, centro ou operador logístico. Por fim, quando chega o operador da movimentação de cargas, a palete ou contentor é transportada(o) para o cais de saída/entrada de tubos com auxílio do porta-paletes eléctrico ou do manual.

Tarefa 10: Verificação e identificação de fugas de gás dos tubos

Esta tarefa ocorre quando surge uma das seguintes situações:

1. Reclamação do cliente por perda rápida de CO₂ devido a fugas;
2. Quando após o enchimento e a colocação do selo de segurança existir algum ruído resultante do vazamento do CO₂ para o exterior;
3. Quando algum tempo após o tubo ter sido cheio, este ter perdido peso (percepção dos operadores quando efectuam transporte manual do mesmo);
4. Quando os fusíveis das válvulas se encontram com algum defeito ou avaria.

O operador confirma primeiramente, antes de realizar a verificação ou identificação de fugas, se a válvula do tubo está totalmente fechada antes de colocar o tubo no interior do tanque com água.

Etapas operacionais:

1. O tubo é colocado no local de *stock* para verificação de fugas de gás do tubo;
2. Levanta-se o tubo e submerge-se a zona onde se encontra a válvula no tanque de água;
3. Observa-se a existência ou não de bolhas de ar;
4. Se existirem bolhas de forma contínua, o tubo é retirado do tanque e depositado no chão, sendo aberta a válvula para que todo o gás contido no seu interior saia;
5. O tubo é transportado para a máquina auxiliar de montagem/reparação de válvulas;
6. Faz-se a desmontagem da válvula, repara-se a peça em causa (se possível) ou coloca-se uma nova válvula;
7. O tubo é seguidamente transportado para a balança de forma a ser enchido mas não na totalidade;
8. Após o enchimento é transportado e depositado no tanque de água, submergindo-se novamente a zona da válvula;
9. Se não existirem bolhas de forma contínua, o tubo é levado para o local de enchimento, se existirem volta-se à etapa 4.

Como foi dito previamente, os tubos possuem uma diversidade de pesos que variam consoante a natureza dos mesmos (tipo, capacidade e acessórios) e das tarefas de que sejam alvo. Depois de uma descrição mais ou menos detalhada de cada tarefa é necessário considerar os valores associados aos pesos e dimensões da multiplicidade de tubos presentes neste contexto de trabalho (tabela 7).

O tempo correspondente ao ciclo das operações que constituem as tarefas é uma variável a ter em consideração na medida em que permite analisar um conjunto de características da actividade. Como exemplo destas características destaca-se a frequência das acções por forma a averiguar a repetitividade de gestos, a representação temporal da exposição biomecânica associada ao transporte e MMC, ou ainda, de factores de risco ocupacionais (exemplos: vibrações, temperaturas extremas) a que os operadores estão expostos. Após a descrição das variadas tarefas existentes, serão apresentados os tempos de ciclo por cada tubo e os tempos totais das tarefas (tabela 8). Na tabela 8 fez-se uma estimativa por média dos tubos referentes às tarefas num turno, podendo esse valor ser

condicionado por várias determinantes não controláveis e pela continuidade da tarefa pelos vários turnos (há tarefas que quando realizadas envolvem apenas um dos turnos).

Tabela 7: Apresentação dos diferentes tubos existentes face à sua capacidade, constituição, dimensões e pesos (* nos acessórios existe a seguinte classificação: 1- Válvula; 2- Tulipa; 3- Capacete, valor esse que será somado posteriormente ao valor do produto acabado. N.A.- não aplicável).

Capacidade do tubo (Kg)	Constituição do tubo	Acessórios*	Dimensões do Tubo (Vasilhame)				Produto Acabado		Provas Hidráulicas		
		Pesos máximos (Kg)	Altura mínima (cm)	Altura máxima (cm)	Diâmetro (cm)	Peso mínimo (kg)	Peso máximo (kg)	Peso total (kg)			
2,6	Ferro	0,62 (1)	67		11	6,26		8,48		9,54	
6	Alumínio	0,32 (1); 0,26 (2)	60,5	69,5	18	8,76	9,12	14,34	14,7	17,7	18,06
6	Ferro-Velho	0,62 (1); 0,26 (2); 1,43 (3)	76,5	78,5	13,5	12,38	14,25	18,26	20,13	20,76	21,46
7	Ferro-Velho	0,62 (1); 0,26 (2); 1,43 (3)	87,5	89,5	13,5	13,08	15,05	19,96	21,93	22,96	23,76
7	Alumínio	0,32 (1); 0,26 (2)	70,5		17	10,38	11,48	16,96	18,06	20,82	21,92
8	Ferro	0,8 (1); 0,26 (2)	57		20	17,96	19,26	26,02	27,32	29,32	30,72
10	Alumínio	0,8 (1); 0,26 (2)	76		20	15,56	18,18	25,62	28,24	30,02	32,64
10	Ferro	0,8 (1); 0,26 (2)	67	69	18,5	18,06	27,26	28,12	37,32	32,52	41,72
10	Ferro-Alto	0,8 (1); 0,26 (2)	83		18	18,76	21,86	28,82	31,92	33,22	36,32
10	Ferro-Velho	0,62 (1); 0,26 (2); 1,43 (3)	117	119	15	19,78	25,83	29,66	35,71	34,16	38,78
10- GASIN	Ferro	N.A.	67	69	18	19,28	19,8	28,28	28,8	N.A.	
10- EAP70 SCC	Ferro	N.A.	67	69	18,5	20,1	26,2	29,1	35,2	N.A.	
10- EAP60 GASIN	Ferro	N.A.	70,5	72,5	19	19,4	24,8	28,4	33,8	N.A.	
10- EAP70 GASIN	Ferro	N.A.	66,5		21	19,6	26,6	28,6	35,6	N.A.	
12- GASIN	Ferro	N.A.	66	66	20,5	26,68	27,53	37,68	38,53	N.A.	
12- EAP70 GASIN	Ferro	N.A.	66	66	20,5	26,68	27,53	37,68	38,53	N.A.	
20	Alumínio	0,62 (1); 0,26 (2)	125,5		20,5	25,88		45,76		55,52	
25	Ferro	0,8 (1); 0,26 (2)	142		21,5	55,46	58,76	80,26	83,56	92,16	95,46

Tabela 8: Apresentação para cada tarefa do tempo médio de ciclo por tubo e o tempo total face ao número médio de tubos (ou paletes) envolvidos nas várias tarefas num turno, contabilizando ainda, o número mínimo de acções praticadas por cada tubo.

Tarefas	Ciclo por tubo (min:seg)	Acções por tubo	Número de tubos ou paletes por turno		Duração total por tarefa (hora:min:seg)	
			Época baixa	Época alta		
1- Inspeção visual do tubo	00:20	4	48	62	00:16:00	00:20:40
1- Retirada de vasilhame das paletes	00:06	3	48	62	00:04:48	00:06:12
1- Retirada de vasilhame dos contentores	00:06	3	3		00:00:18	
1- Transporte de vasilhame para locais de stock	00:20	3	120	240	00:40:00	01:20:00
1- Colocação de vasilhame em paletes	00:08	3	48	62	00:06:24	00:08:16
1- Colocação de vasilhame em contentores	00:08	5	3		00:00:24	00:00:24
2- Decapagem dos tubos	02:30	17	36		01:30:00	
3- Montagem e manutenção dos acessórios no tubo	02:10	24	41		01:28:50	
4- Provas Hidráulicas: lavagem dos tubos (enchimento com água)	01:26	3	200		04:46:40	
4- Provas Hidráulicas: inversão dos tubos após a lavagem	00:13	4	200		00:43:20	
4- Prova Hidráulica: teste de pressão	04:50	19	64		05:09:20	
4- Prova Hidráulica: carimbagem do símbolo do inspector	00:07	5	200		00:23:20	
4- Prova Hidráulica: carimbagem das datas	00:18	19	100		00:30:00	
5- Pintura dos tubos: base	01:05	27	200		03:36:40	
5- Pintura dos tubos: zona superior	01:55	134	27		00:51:45	
5- Pintura dos tubos: zona intermédia	01:20	21	27		00:36:00	
5- Pintura dos tubos: datas das provas	00:30	15	200		01:40:00	
6- Colocação de autocolantes nos tubos	00:13	4	200		00:43:20	
7- Enchimento dos tubos	01:10	18	112	232	02:10:40	04:30:40
7- Colocação de selos de segurança nas válvulas dos tubos	00:10	5	112	232	00:18:40	00:38:40
8- Colocação do produto nas paletes para armazenamento	00:11	3	96	216	00:17:36	00:39:36
8- Embalamento (paletes)	03:35	11	4	9	00:14:20	00:32:15
8- Transporte de produto para locais de stock	00:20	3	16		00:05:20	
9- Colocação do produto nas paletes para encomendas	00:10	5	44	73	00:07:20	00:12:10
9- Colocação do produto em contentores para encomendas	00:12	5	7		00:01:24	
10- Verificação e identificação de fugas nos tubos	06:12	9	5		00:31:00	

É averiguada ainda a utilização presente dos equipamentos de protecção individual (EPI's) destacados para uso em determinadas tarefas. O deslocamento manual de cargas pode ocorrer em diferentes sentidos por escassos centímetros ou vários metros (figura 7), dependendo do local onde o tubo se encontra e o local de destino deste face ao tipo de tarefa que será alvo. Ao longo deste estudo registaram-se algumas verbalizações espontâneas por parte dos operadores no final dos turnos, relativamente à sintomatologia de dores localizadas na região lombar e dorsal da coluna vertebral.

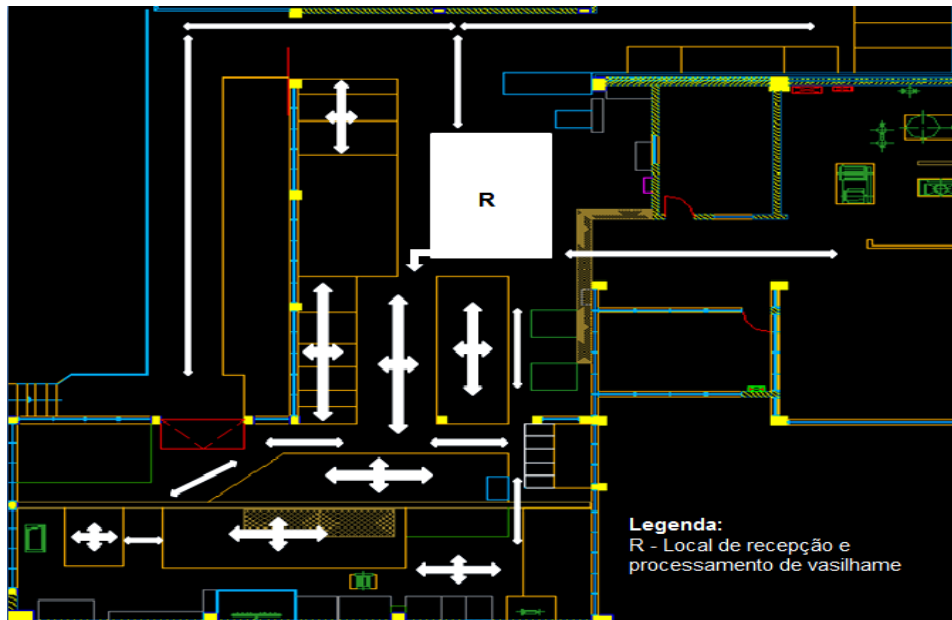


Figura 7: Apresentação dos possíveis e comuns deslocamentos manuais dos tubos internamente no Sector.

Apesar da zona correspondente à recuperação e tratamento do CO_2 não ser alvo de uma análise detalhada devido à natureza do trabalho aí realizado, o que acontece neste local interfere directamente com a zona de enchimento e vice-versa, seja pelo aumento do ruído (se as linhas estiverem a funcionar) ou pela propagação de fugas de NH_3 . Dependendo do número de fugas e concentrações libertadas, e em função da exposição por parte dos operadores, podem surgir consequências negativas na saúde destes (sistema respiratório) ou o agravamento dos estados já instaurados (exemplo: à medida que o tempo de exposição aumenta, será necessária a libertação de maiores concentrações de NH_3 para que o operador consiga detectar através do olfacto).

Após esta análise detalhada da actividade prosseguir-se-á com o diagnóstico, isto é, a testagem e comprovação das hipóteses formuladas no pré-diagnóstico.

V - DIAGNÓSTICO

Qualquer diagnóstico associado à análise ergonómica tem como base um conjunto diversificado de informações que provêm da análise da actividade e dos dados obtidos das observações sistemáticas pela aplicação dos instrumentos escolhidos. Será a discussão em torno deste monopólio informativo que permitirá confirmar as hipóteses que constituem o pré-diagnóstico. É devido à multiplicidade de tarefas anunciadas ao longo deste estudo que surge a necessidade de quantificar a exposição biomecânica associada a cada uma relativamente ao transporte e movimentação manual de cargas, uma vez que estão presentes várias formas de MMC ao longo das tarefas, com diferentes posturas associadas.

Esta necessidade permitirá estabelecer uma hierarquia que orientará a intervenção ergonômica, tendo em linha de conta as relações existentes entre as várias tarefas e as solicitações próprias de cada uma.

Quando se aborda a temática de MMC sobressaem as tarefas que se caracterizam pelo levantamento e depósito de cargas, pois são as mais abordadas na literatura existente devido às investigações conduzidas em relação aos efeitos para a saúde dos operadores, com ênfase no desenvolvimento das LMERT. A este nível foi necessário primeiramente averiguar se o peso das cargas (neste caso os tubos) ultrapassam ou não os valores limite recomendados para as várias tarefas considerando as características do contexto em que são realizadas. A colocação de vasilhame em paletes para armazenamento, a retirada de vasilhame dos contentores, a decapagem dos tubos, a pintura dos tubos (zona superior), a colocação do produto em paletes para armazenamento, a preparação de encomendas em paletes e em contentores e a verificação e identificação de fugas nos tubos são as tarefas que acatam os requisitos de aplicação da equação de NIOSH. Considerando a diversidade de pesos das cargas manuseadas e as variações da própria actividade de trabalho, representadas ao nível dos multiplicadores que constituem a metodologia de NIOSH, foi possível calcular o peso limite recomendado (RWL) e os índices de levantamento (LI) para as diferentes tarefas anteriormente referidas (tabela 9), nos dois momentos de MMC (levantamento e depósito).

Antes de se discutir os resultados é necessário esclarecer que para cada tarefa o RWL traduz as exigências de força globais, ao passo que o LI estima a magnitude relativa do *stress* físico. Se a tarefa é realizada em vários instantes ao longo de um turno, a frequência tem um papel crucial na determinação do RWL e do LI, considerando-se, neste último, o peso médio, por demonstrar uma melhor representação das exigências metabólicas. Caso a tarefa seja realizada uma única vez durante um turno de trabalho, a frequência não é tida em consideração no RWL e recorre-se ao peso máximo da carga para a quantificação do LI, por transmitir a carga máxima a que o operador está exposto.

Numa primeira observação dos resultados do NIOSH destacam-se algumas ocorrências em que o RWL é zero, como é o caso da tarefa de pintura dos tubos (parte superior) no depósito e da tarefa de identificação de fugas (após o enchimento) no levantamento. Estes resultados advêm do factor multiplicador da distância horizontal que surge como um problema de trabalho a ser minimizado, devido ao comprometimento imediato de todo o sistema músculo-esquelético do operador. O RWL obtido nas diversas situações de análise assume um intervalo compreendido entre 5,191kg a 21,40kg quando é integrado no cálculo o multiplicador da frequência e 7,179kg a 22,77kg quando o mesmo não é integrado. As oscilações ao nível do RWL dependem exclusivamente dos diversos multiplicadores, sendo que, em regra, quanto mais baixo for o valor do RWL em comparação com o valor de referência (23kg) maior será consequentemente o LI, dependendo este último do peso da carga. Pode afirmar-se que nos casos em que o LI é superior a um, o RWL não é respeitado, condição que se observa na maioria dos casos representativos que constituem as diferentes tarefas. Num total de 124 cálculos referentes ao LI (para levantamento e depósito de cargas), 115 não respeitam o RWL se a frequência for adoptada como variável e quando esta não o é, esse número desce para 110. Em contrapartida, quando o LI é inferior a um, a grandeza obtida para o RWL é superior ao do peso da carga manuseada (essa superioridade é maior quanto mais próximo de zero for o LI), o que indica a inexistência de risco para a ocorrência de LMERT. Ainda referente ao LI, este assume um intervalo compreendido entre 0,5462 a 7,8570 quando é contemplada a frequência e se esta não o for, o intervalo obtido é de 0,4787 a 7,4389. Ao longo das tarefas indicadas na tabela 9, verifica-se que os momentos de depósito detêm os valores mais baixos para os pesos limite recomendados e os mais elevados para os índices de levantamento; o contrário é

demonstrado nos momentos de levantamento. É averiguado o aumento do RWL em todas as ocasiões na passagem do STRWL para o FIRWL e foi verificado que esse aumento é maior quanto maior for a influência da frequência enquanto factor multiplicador. No entanto, curiosamente, surgem situações em que o LI é agravado ou atenuado na transição do STLI para o FILI, estas mudanças resultam essencialmente das diferenças existentes entre pesos médios e máximos das cargas.

É com recurso ao STLI que se prosseguirá na identificação das tarefas indutoras de fadiga, culminando na ordenação das tarefas por ordem de priorização de acções de transformação face às exigências físicas inerentes (exposição biomecânica). As situações em que o STLI é inadmissível (RWL igual a zero) obrigam a uma intervenção imediata devido às implicações associadas (aumento abrupto da probabilidade para a ocorrência de acidentes de trabalho e para o surgimento de LMERT). Todas as condições em que o STLI é igual ou superior a um, necessitam de modificações ao nível do contexto de trabalho. Essas alterações irão possuir um desfaseamento temporal com base nos resultados obtidos, isto é, se o STLI for superior a três (risco elevado para ocorrência de LMERT) a intervenção deve ser projectada a curto prazo e caso seja inferior a três mas superior a um (risco médio), a intervenção poderá ocorrer a médio prazo. Poucas são as situações (9) e tarefas que possuem índices de levantamento inferiores a um, sendo essas: a colocação de vasilhame em paletes para armazenamento (6), a decapagem dos tubos (1) e a verificação de fugas após a reparação dos acessórios (2). O valor mais elevado atingido no STLI surge no depósito de tubos de 25kg de ferro durante a execução da tarefa de decapagem, enquanto o mais baixo se registou durante o levantamento de tubos de 7kg de alumínio na tarefa de colocação de vasilhame em paletes. Todas as tarefas alvo para aplicação deste método são indutoras de fadiga, no entanto, através da ponderação do número de circunstâncias que abrangem a realização de uma tarefa e os valores de STLI obtidos (média) obtém-se a seguinte ordem (decrecente) de prioridade de intervenção: 1º decapagem dos tubos (3,08); 2º identificação de fugas após o enchimento (3,07); 3º colocação do produto em paletes para armazenamento (2,97); 4º preparação de encomendas em paletes (2,80); 5º preparação de encomendas em contentores (2,10); 6º pintura dos tubos na zona superior (2,06); 7º colocação de vasilhame em paletes (1,79); 8º verificação e identificação de fugas nos tubos após a reparação de acessórios (1,74) e, por fim, a retirada de vasilhame dos contentores (1,16).

Os factores multiplicadores representam os desvios que as tarefas assumem em relação às condições óptimas de realização e é por isso necessário identificar quais são os que agravam o valor do RWL nas tarefas anunciadas (tabela 10). De uma forma generalizada, a distância horizontal e a frequência são os principais factores multiplicadores responsáveis pelo agravamento (descida) do resultado final do RWL. Por sua vez, o ângulo de assimetria e a pega são os multiplicadores que menos contribuem para a redução do RWL nas tarefas. Quando um determinado multiplicador não vem evidenciado é porque esse possui uma acção neutra (está dentro dos valores padronizados para as condições ideais de realização) na determinação do RWL.

Tabela 9: Apresentação da aplicação da equação de NIOSH para o cálculo do peso limite recomendado e o índice de levantamento, considerando todos as variáveis referentes aos multiplicadores e aos pesos dos tubos, para um conjunto de tarefas específicas que cumprem os requisitos de aplicação desta metodologia.

Tarefas	Peso da carga (Kg)		Localização das Mãos (cm)				Distância Vertical (cm)	Ângulo de Assimetria		Frequência	Duração	Pega	Com Frequência				Sem Frequência			
			Origem		Destino			Origem	Destino				Nº/min	Horas	STRWL		STLI		FIRWL	
	Médio	Máximo	H	V	H	V	V	A	A	F	RWL Lev.				RWL Dep.	LI Lev.	LI Dep.	RWL Lev.	RWL Dep.	LI Lev.
1- Colocação de vasilhame em paletes (armazenamento)	9,95	10,9	21,5	70,5	63	84,5	14	0	10	5	<1	Boa	18,21	16,09	0,5462	0,6182	22,77	20,11	0,4787	0,5418
	13,47	17	21,5	76	63	90	14	0	10	5	<1	Boa	18,21	6,712	0,7396	2,0071	22,77	8,390	0,7465	2,0261
	16,94	21,68	21,5	83	63	97	14	0	10	5	<1	Boa	18,21	15,60	0,9299	1,0854	22,77	19,50	0,9521	1,1113
	19,78	24,66	35	117	51,8	131	14	0	10	4	<1	Fraca	11,59	7,400	1,7054	2,6728	13,80	8,809	1,7860	2,7991
	20,6	20,86	21,5	68	63	82	14	0	10	1	<1	Boa	21,40	8,133	0,9624	2,5327	22,77	8,652	0,9161	2,4108
	22,66	27,26	28	68	62,5	81	14	0	10	5	<1	Boa	16,21	6,922	0,8464	3,2735	20,26	8,652	1,3451	3,1504
	22,66	27,26	21,5	68	63	82	14	0	10	5	<1	Boa	18,21	6,922	1,2439	3,2735	22,77	8,652	1,1971	3,1504
	23,16	25,86	21,5	71,5	63	85,5	14	0	10	1	<1	Boa	21,40	7,886	1,0820	2,9364	22,77	8,390	1,1357	3,0820
	24,16	27,66	21,5	65	63	79	14	0	10	1	<1	Boa	21,40	8,133	1,1287	2,9704	22,77	8,652	1,2147	3,1967
24,21	27,26	21,5	68	63	82	14	0	10	1	<1	Boa	21,40	8,133	1,1311	2,9765	22,77	8,652	1,1971	3,1504	
28,16	28,59	21,5	65	63	79	14	0	10	1	<1	Boa	21,40	8,133	1,3158	3,4628	22,77	8,652	1,2555	3,3042	
1- Retirada de vasilhame dos contentores	12,47	12,82	36,5	87	30	70	152	0	10	5	<1	Fraca	10,35	11,59	1,2036	1,0751	12,94	14,49	0,9899	0,8842
	13,22	13,62	36,5	98	30	81	152	0	10	5	<1	Fraca	10,03	12,20	1,3172	1,0828	12,54	15,26	1,0856	0,8924
2- Decapagem dos tubos	16,94	21,68	27,5	83	57,5	93	10	0	30	0,5	<1	Boa	19,65	8,288	0,8617	2,0437	20,26	8,544	2,8373	6,7291
	19,78	24,66	34	112	54	122	10	15	15	0,5	3	Fraca	11,78	7,082	1,6780	2,7926	14,55	8,744	1,6946	2,8201
	22,89	27,26	27,5	70	57,5	80	10	0	30	0,5	3	Boa	16,41	7,137	1,3948	3,2077	20,26	8,811	1,3451	3,0935
	25,88	25,88	34	125	54	135	10	15	15	0,5	3	Boa	11,00	6,594	2,3524	3,9245	13,58	8,141	1,9054	2,3657
	56,67	58,32	34	142	54	152	10	15	15	0,5	>1	Fraca	12,04	7,212	4,7032	7,8570	13,09	7,839	4,4529	7,4389
5- Pintura dos tubos: Zona Superior	18,603	19,26	51,5	57	52	81,25	25,5	0	0	0,5	<1	Boa	10,28	10,60	1,8095	1,7547	10,59	10,92	1,8172	1,7621
	22,89	27,26	40	68	47	93,5	25,5	0	5	0,5	6	Boa	11,61	9,300	1,9704	2,4619	14,34	11,48	1,9003	2,3742
	22,89	27,26	51	93,5	67,5	68	25,5	0	60	0,5	2	Boa	9,750	0	2,3481	0	10,59	0	2,5720	0
8- Colocação de produto em paletes para armazenamento	13,94	14,12	21,5	69,5	63	83,5	14	0	10	8	<1	Boa	13,66	5,191	1,0203	2,6851	22,77	8,652	0,6201	1,6318
	16,93	17,48	21,5	70,5	63	84,5	14	0	10	8	<1	Boa	13,66	5,191	1,2392	3,2610	22,77	8,652	0,7676	2,0202
	25,19	26	21,5	76	63	90	14	0	10	7	<1	Boa	15,93	5,873	1,5804	4,2889	22,77	8,390	1,1418	3,0987
	29,13	30,68	21,5	83	63	97	14	0	10	7	<1	Boa	15,93	5,689	1,8275	5,1197	22,77	8,128	1,3473	3,7745
	31,66	36,26	28	68	62,5	81	14	0	10	7	<1	Boa	14,18	6,056	2,2318	5,2271	20,26	8,652	1,7892	4,1906
	31,66	36,26	21,5	68	63	82	14	0	10	7	<1	Boa	15,93	6,056	1,9863	5,2271	22,77	8,652	1,5924	4,1906
9- Preparação de encomendas em paletes	13,94	14,12	39	42	51	100	100	25	15	4	<1	Fraca	8,148	7,128	1,7107	1,9556	9,700	8,485	1,4555	1,6639
	13,94	14,12	39	42	51	118	119	25	15	4	<1	Fraca	8,054	6,591	1,7306	2,1148	9,589	7,847	1,4725	1,7993
	16,93	17,48	39	42,5	51	100	100	25	15	4	<1	Fraca	8,148	7,128	2,0776	2,3751	9,700	8,485	1,8019	2,0599
	16,93	17,48	39	42,5	51	117	117	25	15	4	<1	Fraca	8,054	6,591	2,1018	2,5684	9,589	7,847	1,8229	2,2275
	25,61	26,26	21,5	57	63	71	14	0	10	2	<1	Boa	20,09	7,873	1,2745	3,2525	22,08	8,652	1,1893	3,0349
	25,61	26,26	29	34,5	44,3	100	100	25	15	4	<1	Fraca	10,37	8,464	2,4678	3,0255	12,35	10,07	2,1256	2,6059

Tabela 9 (continuação): Apresentação da aplicação da equação de NIOSH para o cálculo do peso limite recomendado e o índice de levantamento, considerando todas as variáveis referentes aos multiplicadores e aos pesos dos tubos, para um conjunto de tarefas específicas que cumprem os requisitos de aplicação desta metodologia.

Tarefas	Peso da carga (Kg)		Localização das Mãos (cm)				Distância Vertical (cm)	Ângulo de Assimetria		Frequência	Duração	Pega	Com Frequência				Sem Frequência			
			Origem		Destino			Origem	Destino				Nº/min	F	STRWL		STLI		FIRWL	
	Médio	Máximo	H	V	H	V		A	A	RWL Lev.	RWL Dep.				LI Lev.	LI Dep.	RWL Lev.	RWL Dep.	LI Lev.	LI Dep.
													C							
9- Preparação de encomendas em paletes (Continuação)	25,88	25,88	35	118	51,8	131,5	14	0	10	3	<1	Boa	12,15	7,475	2,1300	3,4618	13,80	8,495	1,8744	3,0463
	29,6	29,86	21,5	68	63	82	14	0	10	1	<1	Boa	21,40	8,133	1,3829	3,6392	22,77	8,652	1,3113	3,4509
	31,22	33,66	33	49	45	47,5	28	10	0	4	<1	Fraca	11,99	9,217	2,6017	3,3870	14,28	10,97	2,3562	3,0675
	31,22	33,66	31	63,5	52	54,5	54,5	45	30	4	<1	Fraca	11,31	6,636	2,7581	4,7042	13,16	7,373	2,5573	4,5647
	31,22	33,66	35	109	51,8	120	14	0	10	4	<1	Boa	11,99	7,664	2,6021	4,0732	14,28	9,124	2,3566	3,6889
	31,66	36,26	27	40	51	100	100	25	15	4	<1	Fraca	11,51	7,128	2,7503	4,4415	13,70	8,485	2,6459	4,2730
	31,66	36,26	27	40	50,5	118,5	120	25	15	4	<1	Fraca	11,37	6,866	2,7823	4,6109	13,54	8,174	2,6767	4,4359
	32,16	34,86	21,5	71,5	63	85,5	14	0	10	1	<1	Boa	21,40	7,886	1,5025	4,0776	22,77	8,390	1,5309	4,1547
	33,16	36,66	21,5	65	63	79	14	0	10	1	<1	Boa	21,40	8,133	1,5492	4,0769	22,77	8,6526	1,6100	4,2368
	33,21	36,26	21,5	68	63	82	14	0	10	1	<1	Boa	21,40	8,133	1,5515	4,0831	22,77	8,6526	1,5924	4,1906
	39,165	39,59	21,5	65	63	79	14	0	10	1	<1	Boa	21,40	8,133	1,8298	4,8153	22,77	8,6526	1,7386	4,5755
9- Preparação de encomendas em contentores	17,47	17,82	22	31	32,5	86	152	10	5	5	<1	Fraca	12,42	11,84	1,4060	1,4743	15,53	14,81	1,1474	1,2031
	19,22	19,62	25,5	36,5	34	88,5	152	10	5	5	<1	Fraca	12,85	11,24	1,4953	1,7097	16,06	14,05	1,2211	1,3962
	26,96	29,4	44,5	47,5	44,5	76	78	45	10	3	<1	Fraca	7,626	8,967	3,5351	3,0063	8,666	10,19	5,1349	4,3667
10- Verificação de fugas: após a reparação dos acessórios	11,94	12,12	31,8	72,5	40,5	135	64	0	5	<0,2	3	Boa	13,28	8,779	0,8987	1,3600	15,62	10,32	0,7754	1,1734
	11,94	12,12	40,5	135	36	79	56	5	15	<0,2	3	Fraca	8,978	11,41	1,3298	1,0457	10,56	13,43	1,1473	0,9022
	14,43	14,98	31,8	73,5	40,5	136	64	0	5	<0,2	3	Boa	13,28	8,779	1,0861	1,6436	15,62	10,32	0,9584	1,4503
	14,43	14,98	40,5	136	35,5	79,5	56,5	5	15	<0,2	3	Fraca	8,978	11,41	1,6071	1,2637	10,56	13,43	1,4181	1,1151
	14,97	15,82	46,5	34,3	23,5	71,5	77,5	20	10	<0,2	3	Fraca	7,294	15,37	2,0522	0,9738	8,581	18,08	1,8434	0,8748
	16,72	17,12	41	39,8	28,5	82,5	77,5	30	10	<0,2	3	Fraca	7,943	14,40	2,1049	1,1610	9,344	16,94	1,8320	1,0105
	21,23	22,08	27	46,5	38,5	76	82	5	15	<0,2	3	Fraca	13,37	10,02	1,5874	2,1166	15,73	11,79	1,4033	1,8712
	22,843	23,26	29	34,5	42,5	67	74	5	10	<0,2	<2	Fraca	13,19	10,30	1,7318	2,2160	13,88	10,85	1,6752	2,1437
	25,13	26,68	27	50	38,5	79,5	79	5	15	<0,2	>1	Fraca	14,94	11,79	1,6812	2,1297	15,73	12,42	1,6956	2,1480
	26,96	29,4	44,5	47,5	20	92	87	45	10	<0,2	3	Fraca	7,366	15,51	3,6599	1,7380	8,666	18,24	3,3925	1,6110
	27,66	32,26	27	40	38,5	69,5	79	5	15	<0,2	3	Fraca	12,94	10,02	2,1371	2,7577	15,22	11,79	2,1186	2,7339
10- Identificação de fugas: após o enchimento	16,93	17,48	80	74,5	53,5	145	70,5	0	0	1	<1	Boa	0	6,826	0	2,4800	0	7,262	0	2,4070
	16,93	17,48	53,5	145	42	60,5	84,5	0	0	1	<1	Boa	6,748	10,83	2,5085	1,5626	7,179	11,88	2,4346	1,4706
	31,66	36,26	80	73	53,5	142	69	0	0	1	<1	Boa	0	7,088	0	4,4661	0	7,541	0	4,8081
	31,66	36,26	53,5	142	42	59	83	0	0	1	<1	Boa	7,008	10,83	4,5174	2,9222	7,455	11,52	4,8633	3,1459

Tabela 10: Apresentação de forma decrescente dos factores multiplicadores que contribuiram para a diminuição do valor final do RWL para as fases de levantamento e depósito das tarefas (HM - localização horizontal; VM - localização vertical; DM - distância vertical; AM - ângulo de assimetria; FM - frequência; CM - pega).

Tarefas	Factores Multiplicadores	
	RWL Levantamento	RWL Depósito
1- Colocação de vasilhame em paletes (armazenamento)	1- FM ; 2- VM ; 3- HM	1- HM ; 2- FM ; 3- AM ; 4- VM
1- Retirada de vasilhame dos contentores	1- HM ; 2- FM ; 3- DM ; 4- VM	1- FM ; 2- HM ; 3- DM ; 4- AM ; 5- VM ; 6- CM
2- Decapagem dos tubos	1- HM ; 2- FM ; 3- VM ; 4- AM	1- HM ; 2- FM ; 3- VM ; 4- AM
5- Pintura dos tubos: zona superior	1- HM ; 2- FM ; 3- VM	1- HM ; 2- FM ; 3- VM ; 4- AM
8- Colocação do produto em paletes para armazenamento	1- FM ; 2- VM ; 3- HM	1- HM ; 2- FM ; 3- AM ; 4- VM
9- Preparação de encomendas em paletes	1- FM ; 2- VM ; 3- HM ; 4- AM ; 5- DM ; 6- CM	1- HM ; 2- FM ; 3- VM ; 4- AM ; 5- DM ; 6- CM
9- Preparação de encomendas em contentores	1- FM ; 2- DM ; 3- VM ; 4- AM ; 5- CM ; 6- HM	1- HM ; 2- FM ; 3- DM ; 4- VM ; 5- AM ; 6- CM
10- Verificação de fugas: após a reparação dos acessórios	1- HM ; 2- FM ; 3- DM ; 4- VM ; 5- CM ; 6- AM	1- HM ; 2- FM ; 3- DM ; 4- VM ; 5- AM ; 6- CM
10- Verificação de fugas: após o enchimento	1- HM ; 2- DM ; 3- VM ; 4- FM	1- HM ; 2- DM ; 3- VM ; 4- FM

As posturas, enquanto pertencentes à categoria dos observáveis, são fundamentais, por permitirem aceder a um conjunto de informações (alcance, espaço livre, força, campo de visão) referentes à própria actividade mas essencialmente por serem um meio de “medida” da exposição biomecânica ocupacional (carga de trabalho). Estas resultam das relações estabelecidas entre os operadores com as variadas situações de trabalho, evidenciando portanto, processos de regulação (estratégias operatórias) desenvolvidos pelos operadores face aos seus próprios recursos, relativamente às solicitações das tarefas. Assim, recorreu-se ao método REBA para analisar esta variável em todas as tarefas ocupacionais, com ênfase nas que são mais representativas e nas que se encontram próximas dos limites articulares dos vários segmentos corporais.

Os resultados da aplicação do método REBA encontram-se na tabela 11, onde é possível verificar o valor máximo (13) e mínimo (2) atribuído ao *score* REBA. As tarefas que obtiveram a estimação do *score* REBA máximo foram a retirada de vasilhame das paletes (duas posturas) e a colocação do produto em contentores para encomendas ou armazenamento (uma postura). O *score* REBA mínimo foi identificado na tarefa de colocação de autocolantes nos tubos (uma postura). Globalmente, na determinação do *score* A, o tronco é o segmento com pontuações mais elevadas, seguindo-se o pescoço e por último as pernas. Como foi relatado antes, a MMC está presente nas demais tarefas em diferentes estratégias levadas a cabo pelos operadores, o que culmina na adopção de diferentes posturas. Sendo os tubos manuseados essencialmente em altura, o tronco é fundamental não só pelo papel que desenvolve na prática destas tarefas (força muscular) como também na própria estabilidade corporal (equilíbrio). A classificação da postura do tronco é sempre agravada quando se verifica rotação ou flexão lateral. A postura do pescoço resulta essencialmente do campo de visão que o operador necessita para realizar as tarefas, tendo uma maior importância nas situações que exigem controlo visual. A actividade destes operadores ocorre sempre na postura em pé e por esse motivo as pernas são também cruciais para o equilíbrio corporal. As diferenças que se verificam nas pontuações atribuídas ao nível das pernas surgem principalmente quando estas estão apoiadas em diferentes pisos (exemplo: perna esquerda apoiada no chão e a direita na paleta), o que confere alguma instabilidade na dissipação de forças, e ainda quando surge o agachamento e/ou ajoelamento. O *score* da força depende exclusivamente do peso da carga alvo durante uma determinada tarefa. Para o *score* B, o braço é incontestavelmente o segmento com a atribuição de pontuações mais altas, sucedendo-se o antebraço e em último o punho. A solicitação dos membros superiores é algo constante em toda a actividade ocupacional dos operadores sendo a abdução, o grau de flexão e a rotação os principais incrementadores da pontuação atribuída ao nível

dos braços. O tipo de pega influencia a postura do punho e desta forma foi estabelecida a seguinte classificação: se a apreensão ocorre ao nível da tulipa a pega é considerada boa; caso esta seja ao nível da válvula a pega é classificada como fraca; se a pega se situa na base do tubo esta é identificada como pobre e por último se a pega ocorrer na zona intermédia do tubo esta é inaceitável. À medida que se avança na classificação da pega de boa para pobre existe um aumento da compressão dos tecidos moles da mão e quando esta é inaceitável não existe controlo seguro o que coloca em risco a queda do tubo. É inevitável em determinadas tarefas a ocorrência de acções que implicam desvios radiais e ulnares do punho, sendo essas a abertura/fecho das válvulas e a rotação manual dos tubos. No que diz respeito ao *score* da actividade, a maioria das tarefas possui situações em que ocorrem momentos estáticos, dinâmicos e repetitivos e nessas circunstâncias existe sempre a predominância de um desses momentos face aos restantes. Observa-se que a maioria das tarefas são de carácter dinâmico e para além deste facto, verifica-se também que não existe uma grande discrepância entre o valor médio do *score* REBA (considerando todas as posturas identificadas nas várias tarefas) para o membro superior esquerdo (8,32) em comparação com o direito (8,35).

É com base no cálculo da média dos *scores* REBA nas diversas posturas referentes a uma tarefa (contemplando os dois membros superiores) que se irá estabelecer uma ordem hierárquica decrescente face ao risco de lesão músculo-esquelética (LME) associada. Desta forma, surge uma necessidade imediata de intervenção face à existência de risco muito elevado nas tarefas de retirada de vasilhame das paletes (11,9) e a colocação do produto em paletes para encomendas (11,25). Quanto a necessidades de intervenção a breve prazo devido à presença de risco elevado, estão as tarefas de colocação do produto em contentores para encomendas ou armazenamento (10,83), a colocação do produto em paletes para armazenamento (10,75), a inversão dos tubos após a lavagem destes para as provas hidráulicas (9,5), a carimbagem do símbolo do inspector após as provas hidráulicas (9,25), a colocação de vasilhame em paletes (8,78), o embalamento das paletes (8,37), a pintura da zona superior dos tubos (8,31) e por último a retirada de vasilhame dos contentores (8). As tarefas que necessitam de intervenção por se associarem a um risco médio são: a verificação e identificação de fugas no tubo (7,91), a inspecção visual do tubo (7,8), a pintura da zona intermédia dos tubos (7,58), a montagem e manutenção de acessórios no tubo (7,5), a pintura das datas das próximas provas hidráulicas nos tubos (7), o enchimento dos tubos para lavagem antes das provas hidráulicas (6,5), a decapagem dos tubos (6,37), a carimbagem das datas após as provas hidráulicas (5,5), a colocação dos selos de segurança nas válvulas dos tubos (4,9), a colocação dos autocolantes nos tubos (4,5) e, por fim, o enchimento dos tubos (4,13). Desta forma, verifica-se que todas as tarefas necessitam de intervenção segundo o REBA, em que a abrangência de tarefas é maior nas que possuem risco médio para a ocorrência de LME.

A variabilidade operacional e as exigências próprias das demais tarefas que os operadores realizam implicam a produção de força muscular de diferentes intensidades com durações variáveis. A produção de força, isto é, a intensidade de força medida pela electromiografia de superfície pode ser classificada quanto a baixa, média ou elevada. Para uma melhor representatividade desta ao longo de um turno de trabalho, é necessário contemplar a duração correspondente à aplicação dessas intensidades de força, considerando sempre a contracção voluntária máxima dos músculos em análise. A duração é categorizada como sendo longa, média ou pequena. Desta forma, surgem três tipos de cargas, que se encontram presentes em qualquer tarefa: as estáticas, as medianas e as de pico. As cargas estáticas englobam baixas intensidades de força exercidas durante as oito horas de trabalho diário (longa duração).

Tabela 11: Apresentação dos resultados da aplicação do REBA, num conjunto de posturas recolhidas nas várias tarefas de trabalho (E- MS esquerdo; D- MS direito).

Tarefas	Posturas	Tronco	Pescoço	Pernas	Score Tabela A	Força	Score A	Actividade Score	Braço		Antebraço		Punho		Score Tabela B		Pega Score		Score B		Score C		REBA Score			
									E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
1- Inspeção visual do tubo	1	3	1+1	2+2	7	0	7	1 Predomina Estática	3+1	3+1	1	1	1+1	1+1	5	5	1	0	6	5	9	9	10	10		
	2	4+1	1+1	2+1	8	0	8		3	3+1	1	1	1+1	1+1	4	5	0	0	4	5	9	10	10	11		
	3	4	1+1	1	5	0	5		4	4	1	1	1+1	1+1	5	5	0	0	5	5	6	6	7	7		
	4	4	1	1	3	0	3		4	4	2	2	1+1	1	6	5	0	1	6	6	5	5	6	6		
	5	3	1	2	4	0	4		3+1	3	2	2	1	1	5	4	0	0	5	4	5	4	6	5		
1- Retirada de vasilhame das paletes	1	3+1	1+1	1	5	2+1	8	1 Dinâmica	3+1	2	1	2	1+1	1+1	5	4	1	3	6	7	10	10	11	11		
	2	4+1	1+1	2+1	8	2+1	11		3+1	3+1	2	2	1+1	1+1	6	6	2	2	8	8	12	12	13	13		
	3	4	1+1	1+1	6	2+1	9		3+1	3	2	2	1+1	1+1	6	5	2	3	8	8	12	12	13	13		
	4	3	1+1	1+1	5	2+1	8		3+1	3+1	1	1	1+1	1+1	5	5	0	0	5	5	10	10	11	11		
	5	3+1	1+1	1+1	6	2+1	9		3+1	2	2	1	1+1	1+1	6	2	2	2	8	4	11	10	12	11		
1- Retirada de vasilhame dos contentores	1	3+1	1+1	2	6	0	6	1 Dinâmica	3	3	2	2	1	1	4	4	0	0	4	4	7	7	8	8		
1- Colocação de vasilhame em paletes	1	3	1	2	4	2+1	7	1 Dinâmica	2+1	2+1	1	1	1+1	1+1	4	4	0	0	4	4	8	8	9	9		
	2	3	1	1	2	2+1	5		3	2	2	2	1	1+1	4	3	0	0	4	3	5	4	6	5		
	3	3	1+1	2	5	0	5		3	3+1	2	2	1	1	4	4	3	0	7	4	8	5	9	6		
	4	3	1	2	4	2+1	7		1	2	2	2	1+1	1	2	2	0	0	2	2	7	7	8	8		
	5	3+1	1+1	2+1	7	2+1	10		3	3	1	1	1+1	1+1	4	4	0	0	4	4	11	11	12	12		
	6	3+1	1	2+1	6	1+1	8		3+1	3+1	1	1	1+1	1+1	5	5	0	0	5	5	10	10	11	11		
	7	3+1	1	1	3	2+1	6		3+1	2	2	2	1+1	1	6	2	2	0	8	2	9	6	10	7		
2- Decapagem dos tubos	1	4+1	1	1	4	0	4	1 Predomina Estática	3+1	3	1	2	1	1+1	4	5	0	0	4	5	4	5	5	6		
	2	1	1	1	2	0	2		3	3	1	1	1	1+1	3	4	0	0	3	4	2	3	3	4		
	3	4+1	1+1	1	6	0	6		3	3+1	2	2	1	1	4	5	0	0	4	5	7	8	8	9		
	4	3+1	1+1	1	5	1	6		2	3+1	2	1	1+1	1+1	3	5	0	1	3	6	6	8	7	9		
3- Montagem e manutenção dos acessórios no tubo	1	3+1	1+1	1+1	6	2+1	9	1 Predomina Dinâmica	1	3+1	1	2	1+1	1+1	2	6	1	2	3	8	9	11	10	12		
	2	1	1+1	1	1	0	1		3+1	3+1	2	2	1+1	1+1	6	6	0	0	6	6	3	3	4	4		
4- Provas Hidráulicas: lavagem dos tubos (enchimento com água)	1	3+1	1	2	5	0	5	1 Estática	3	4	2	2	1	1	4	5	0	0	4	5	5	6	6	7		
4- Provas Hidráulicas: inversão dos tubos após a lavagem	1	4	1	1+1	5	0	5	1 Dinâmica	3	3	2	2	1+1	1+1	5	5	3	3	8	8	8	8	9	9		
	2	4	1+1	1+1	6	0	6		3	3	2	2	1+1	1+1	5	5	3	2	8	7	9	9	10	10		
	3	4+1	1+1	1+1	7	0	7		3	3+1	1	2	1+1	1+1	4	6	0	3	4	9	8	10	9	11		
	4	4	1	1	3	2	5		3	3	1	1	1+1	1+1	4	4	3	3	7	7	8	8	9	9		
	5	4	1	1+1	5	0	5		3+1	4+1	1	2	1+1	1+1	5	8	2	2	7	10	8	9	9	10		

Tabela 11 (continuação): Apresentação dos resultados da aplicação do REBA, num conjunto de posturas recolhidas nas várias tarefas de trabalho (E- MS esquerdo; D- MS direito).

Tarefas	Posturas	Tronco	Pescoço	Pernas	Score Tabela A	Força	Score A	Actividade Score	Braço		Antebraço		Punho		Score Tabela B		Pega Score		Score B		Score C		REBA Score	
									E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
4- Provas Hidráulicas: carimbagem do símbolo do inspector	1	4+1	1+1	1	6	1	7	1 Predomina Dinâmica	3	3	1	2	1+1	1+1	4	5	0	0	4	5	8	9	9	10
	2	2	1+1	2+2	6	1	7		2	3	1	1	1+1	1	2	3	0	0	2	3	7	7	8	8
	3	3+1	1	2+2	7	1	8		3	3	2	1	1+1	1+1	5	4	0	0	5	4	10	9	11	10
	4	4+1	1+1	1	6	1	7		2	3+1	1	1	1+1	1+1	2	5	0	0	2	5	7	9	8	10
4- Provas Hidráulicas: carimbagem das datas	1	2	1	1+1	3	1	4	1 Predomina Dinâmica	3	3	1	2	1+1	1+1	4	5	0	0	4	5	4	5	5	6
5- Pintura dos tubos: base	1	3+1	1	2	5	0	5	1 Repetitiva	3	4	2	2	1	1	4	5	0	0	4	5	5	6	6	7
5- Pintura dos tubos: zona superior	1	4+1	1	2	6	0	6	1 Predomina Repetitiva	3+1	3	1	1	1	1+1	4	4	1	0	5	4	8	7	9	8
	2	3+1	1+1	1	5	0	5		3	3	2	2	1	1+1	4	6	1	0	5	6	6	7	7	8
	3	3+1	1+1	1	5	0	5		3+1	3+1	2	2	1+1	1+1	6	6	1	0	7	6	8	7	9	8
	4	3+1	1+1	1	5	0	5		3+1	3+1	2	2	1+1	1+1	6	6	1	0	7	6	8	7	9	8
	5	4+1	1+1	1	6	0	6		3+1	3	2	1	1	1+1	5	4	0	0	5	4	8	7	9	8
	6	2+1	1+1	1	4	2+1	7		2	2	1	1	1+1	1+1	2	2	0	0	2	2	7	7	8	8
	7	3+1	1+1	1	5	0	5		3	3	1	2	1	1+1	3	5	0	0	3	5	4	6	5	7
	8	2+1	1+1	1	4	2+1	7		2+1	1	1	2	1+1	1	4	1	0	0	4	1	8	7	9	8
	9	3+1	1+1	1	5	2+1	8		3	3	2	2	1+1	1+1	5	5	0	0	5	5	10	10	11	11
	10	3+1	1+1	1	5	0	5		3+1	3	2	1	1+1	1+1	6	4	1	0	7	4	8	5	9	6
	11	2+1	1+1	1	4	2+1	7		2	2+1	1	1	1+1	1+1	2	4	1	1	3	5	7	9	8	10
5- Pintura dos tubos: zona intermédia	1	4+1	1+1	2+1	8	0	8	1 Predomina Repetitiva	3+1	4	1	2	1	1+1	3	6	0	0	3	6	8	10	9	11
	2	4+1	1+1	1	6	0	6		3+1	3	1	2	1+1	1+1	5	5	0	0	5	5	8	8	9	9
	3	3+1	1+1	1	5	0	5		4	3	2	2	1	1+1	5	5	0	0	5	5	6	6	7	7
	4	4+1	1+1	1	6	0	6		4	3+1	2	1	1+1	1+1	6	5	0	0	6	5	8	8	9	9
	5	3	1	1	2	2+1	5		3	1	2	2	1	1+1	4	2	0	0	4	2	5	4	6	5
	6	3	1	1	2	0	2		3	3	2	2	1+1	1+1	5	5	0	0	5	5	4	4	5	5
5- Pintura dos tubos: datas das provas	1	4	1+1	1+1	6	0	6	1 Predomina Repetitiva	3+1	3	1	1	1+1	1+1	5	4	0	0	5	4	8	7	9	8
	2	3	1+1	1	4	0	4	3	3	2	2	1	1+1	4	5	0	0	4	5	4	5	5	6	
6- Colocação de autocolantes nos tubos	1	1	1	1	1	0	1	1 Predomina Dinâmica	2	2	2	2	1+1	1+1	3	3	0	0	3	3	1	1	2	2
	2	4	1	1+1	5	0	5	3	3	2	2	1+1	1+1	5	5	0	0	5	5	6	6	7	7	
7- Enchimento dos tubos	1	3+1	1	1	3	0	3	1 Predomina Dinâmica	1	3	2	2	1	1	1	4	0	0	1	4	2	3	3	4
	2	3+1	1	1	3	0	3		1	3+1	2	2	1+1	1+1	2	6	0	0	2	6	3	5	4	6
	3	3+1	1	1	3	0	3		3	3	1	1	1+1	1+1	4	4	0	0	4	4	3	3	4	4

Tabela 11 (continuação): Apresentação dos resultados da aplicação do REBA, num conjunto de posturas recolhidas nas várias tarefas de trabalho (E- MS esquerdo; D- MS direito).

Tarefas	Posturas	Tronco	Pesçoço	Pernas	Score Tabela A	Força	Score A	Actividade Score	Braço		Antebraço		Punho		Score Tabela B		Pega Score		Score B		Score C		REBA Score	
									E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
7- Colocação de selos de segurança nas válvulas dos tubos	1	3	1	0+1	2	0+1	3	1 Predomina Dinâmica	3	3	1	1	1+1	1+1	4	4	1	1	5	5	4	4	5	5
	2	3	1	2	4	0	4		3	3	2	2	1	1+1	4	5	0	0	4	5	4	5	5	6
	3	3	1	1	2	0	2		3	3	2	2	1+1	1+1	5	5	0	0	5	5	4	4	5	5
	4	1	1	1	1	0	1		3	3	2	2	1+1	1+1	5	5	0	0	5	5	3	3	4	4
	5	3	1	1	2	0	2		3	3	2	2	1	1	4	4	0	0	4	4	4	4	5	5
8- Colocação do produto nas paletes para armazenamento	1	3+1	1	2	5	2+1	8	1 Dinâmica	3+1	3+1	1	1	1+1	1+1	5	5	0	0	5	5	10	10	11	11
	2	4+1	1+1	1+1	7	2+1	10		3+1	2	2	2	1+1	1+1	6	2	0	0	6	2	11	10	12	11
	3	3	1	2+1	5	2+1	8		1	1	2	2	1	1	1	1	0	0	1	1	8	8	9	9
	4	3+1	1+1	1	5	2+1	8		2+1	2+1	1	1	1+1	1+1	4	4	0	0	4	4	9	9	10	10
	5	4	1+1	1	5	2+1	8		3	3	2	2	1+1	1+1	5	5	0	0	5	5	10	10	11	11
	6	3+1	1+1	2+1	7	2+1	10		3+1	3	1	1	1+1	1+1	5	4	0	0	5	4	11	11	12	12
8- Embalamento (paletes)	1	4	1+1	2+2	8	0	8	1 Predomina Dinâmica	3	4	2	2	1+1	1+1	5	6	0	0	5	6	10	10	11	11
	2	4	1	1+1	5	0	5		4	4	2	2	1+1	1+1	6	6	0	0	6	6	7	7	8	8
	3	3+1	1+1	2+2	8	0	8		3+1	3	1	2	1	1+1	4	5	0	0	4	5	9	10	10	11
	4	2	1	1	2	0	2		3	3	1	1	1+1	1+1	4	4	0	0	4	4	3	3	4	4
9- Colocação do produto nas paletes para encomendas	1	4	1+1	1	5	2+1	8	1 Dinâmica	3+1	3+1	2	2	1	1	5	5	0	2	5	7	10	10	11	11
	2	4+1	1+1	1	6	2+1	9		3+1	3+1	1	2	1	1	4	5	0	2	4	7	10	11	11	12
9- Colocação do produto em contentores para encomendas ou armazenamento	1	4	1	1+1	5	1+1	7	1 Dinâmica	4	4	2	2	1+1	1+1	6	6	1	1	7	7	9	9	10	10
	2	4+1	2	1	6	2+1	9		1+1	4+1	1	2	1+1	1+1	2	8	2	2	4	10	10	12	11	13
	3	3	1+1	1	4	2+1	7		3+1	2+1	2	1	1+1	1+1	6	4	2	2	8	6	10	9	11	10
	4	3+1	1+1	1	5	2+1	8		2+1	3+1	2	1	1+1	1+1	5	5	2	2	7	7	10	10	11	11
	5	3+1	1	2	5	2+1	8		3	3	2	2	1+1	1	5	4	0	0	5	4	10	9	11	10
	6	2+1	1+1	2+1	6	2+1	9		2+1	3+1	2	2	1+1	1	5	5	0	0	5	5	10	10	11	11
10- Verificação e identificação de fugas nos tubos	1	3	1	1	2	0	2	1 Predomina Dinâmica	3	3	2	2	1+1	1+1	5	5	3	3	8	8	6	6	7	7
	2	3	1+1	1	4	0	4		3+1	3+1	1	1	1+1	1+1	5	5	1	2	6	7	6	7	7	8
	3	2+1	1+1	1	4	2	6		2+1	2	2	2	1+1	1+1	5	3	2	1	7	4	9	7	10	8
	4	3+1	1+1	1	5	0	5		2+1	3	1	1	1+1	1+1	4	4	3	0	7	4	8	5	9	6
	5	3+1	1+1	1	5	0	5		3+1	3+1	2	2	1+1	1+1	6	6	2	0	8	6	8	7	9	8
	6	4+1	1	1	4	0	4		3+1	3	2	2	1+1	1+1	6	5	1	2	7	7	7	7	8	8

As cargas medianas reportam médias intensidades de força, empregadas ao longo de quatro horas de trabalho efectivo (média duração). Por último, as cargas pico dizem respeito a elevadas intensidades de força exercidas numa única hora de trabalho (pequena duração). Cada carga referida possui intervalos com respectivos valores limite face ao grau de risco para a ocorrência de LMERT, tendo sido anteriormente referidos na metodologia. As tarefas que foram alvo da aplicação da EMG de superfície foram: a decapagem dos tubos; as provas hidráulicas (inversão dos tubos após a lavagem e a carimbagem das datas); a pintura dos tubos (zona superior e intermédia, com a MMC após a finalização desta tarefa); o enchimento de tubos (enchimento em si e a colocação de selos) e o acondicionamento do produto (a colocação do produto em paletes para armazenamento e o transporte destes para locais de *stock*). Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 12, onde é possível averiguar que a maior parte das tarefas possui risco médio para os vários músculos relativamente à carga estática, ou seja, a maioria das tarefas que foram alvo de análise caracterizam-se pela solicitação de níveis baixos de intensidade de força com longa duração.

Tabela 12: Apresentação dos resultados da aplicação da electromiografia de superfície num conjunto de músculos superficiais em vários momentos.

Tarefas abrangidas nos vários momentos de aplicação do equipamento	Trapézio Superior			Deltóide Médio			Deltóide Anterior			Bíceps Braquial		
	Carga Estática	Carga Mediana	Carga Pico	Carga Estática	Carga Mediana	Carga Pico	Carga Estática	Carga Mediana	Carga Pico	Carga Estática	Carga Mediana	Carga Pico
2- Decapagem de tubos	3%	9%	20%	3%	4%	9%	2%	2%	10%	3%	5%	20%
4- Provas Hidráulicas: inversão dos tubos após a lavagem	2%	3%	13%	2%	3%	7%	2%	7%	18%	3%	5%	15%
4- Prova Hidráulica: carimbagem das datas	3%	4%	5%	3%	3%	9%	3%	4%	11%	2%	2%	7%
5- Pintura dos tubos: zona superior	4%	5%	11%	5%	5%	15%	5%	5%	8%	5%	5%	10%
5- Pintura dos tubos: zona intermédia	2%	5%	19%	5%	6%	9%	3%	6%	34%	3%	4%	13%
5- Pintura dos tubos: finalização da pintura e movimentação manual dos tubos	3%	7%	22%	2%	2%	8%	20%	22%	49%	5%	5%	7%
7- Enchimento 8- Colocação do produto nas paletes para armazenamento	2%	3%	11%	3%	5%	13%	4%	5%	16%	2%	2%	10%
7- Colocação de selos de segurança nas válvulas dos tubos 8- Colocação do produto nas paletes para armazenamento 8- Transporte do produto para locais de <i>stock</i>	2%	2%	3%	1%	4%	26%	2%	4%	12%	3%	4%	9%

Sobressaem na tabela 12 duas situações: a primeira é a existência de risco elevado para o músculo deltóide anterior tanto na carga estática (>5%) como mediana (>14%) mas também o alcance do limite do nível sem risco para a carga de pico (49%) na finalização da tarefa de pintura, onde alguns tubos (dos 200) foram movimentados manualmente para um local próprio de forma a permitir a secagem e os restantes colocados numa zona distinta para se prosseguir com a colocação dos autocolantes; a segunda é a ausência de risco para o músculo deltóide médio na realização de sub-tarefas pertencentes ao enchimento dos tubos e ao acondicionamento do produto. Para além destas situações, de uma forma generalizada não existe risco para os vários músculos quanto à carga mediana (<14%) e de pico (<50%). Em relação aos momentos analisados, verifica-se o registo de valores percentuais mais baixos na última ocasião de aplicação do equipamento que contemplou a colocação dos selos de segurança nos tubos, a colocação do produto em paletes para armazenamento e a ocorrência de transporte do produto para locais de *stock*. Observa-se ainda que a tarefa de pintura (zona superior) possui os valores percentuais mais elevados para a carga estática.

Existem muitas variáveis que possuem repercussões nos valores obtidos pelo EMG de superfície, nomeadamente: os pesos dos tubos (em que predominaram os de 10kg); as alturas a vencer durante o levantamento e/ou depósito das cargas (paletes e suporte móvel); as posturas; a repetitividade das operações; as acções que exigem a aplicação de força adicional sobre o material (exemplo: carimbagem); os deslocamentos (sem carga) e as estratégias de transporte e MM dos tubos. O transporte e a movimentação manual dos tubos podem ocorrer assimetricamente (unilateral) ou simetricamente (bi-manual), estando a carga em contacto com o solo ou elevada por completo. Como os sensores foram aplicados ao membro superior dominante que é, em regra, o direito, não são contempladas as situações onde ocorre o transporte ou MMC realizadas exclusivamente com o outro membro superior. O facto de o transporte ou MMC ser executado com auxílio dos dois membros, não invalida a existência de uma distribuição desequilibrada quanto à intensidade de força produzida nos músculos e isto advém das relações estabelecidas entre o tipo de pega e o posicionamento do tubo em relação ao operador.

Consultando os resultados apresentados relativamente à aplicação da equação de NIOSH, do REBA e da electromiografia de superfície, verifica-se que a exposição biomecânica dos operadores é elevada e que as principais tarefas responsáveis por essa contribuição são: a preparação de encomendas (paletes e contentores); o acondicionamento do produto; o controlo e acondicionamento de vasilhame; a verificação e identificação de fugas nos tubos; as provas hidráulicas; a decapagem; a pintura dos tubos e o transporte para locais de *stock* (vasilhame e produto). Desta forma, concluiu-se que nem todas as tarefas contribuem com a mesma exposição biomecânica associada ao transporte e MMC.

O papel crucial que a coluna vertebral possui no transporte e MMC é indiscutível e, por isso, esta estrutura encontra-se sujeita a uma diversidade de forças exercidas sobre os vários constituintes da mesma, que variam consoante as posturas assumidas face ao manuseamento/transporte de uma ou várias cargas. Como todas as tarefas possuem o transporte e MMC em diferentes momentos e com distintas estratégias operatórias, é necessário averiguar uma aproximação dos valores das várias forças exercidas ao nível desta estrutura, considerando as tarefas anteriormente referidas que agravam a exposição biomecânica ocupacional dos demais operadores (tabela 13). O levantamento e/ou depósito (bi-manual ou unilateral, com ou sem controlo), a movimentação (através do empurrar ou do deslocamento vertical/horizontal do tubo estando este elevado) e o transporte (com elevação total ou por arrastamento, de forma simétrica ou assimétrica) dos tubos foram as principais estratégias operatórias simuladas no HARSim. Para além destas estratégias foram também consideradas outras, nomeadamente a presença ou ausência de apoios para um dos membros superiores, bem como o posicionamento do tubo face ao corpo. Observando a tabela 13, que corresponde aos resultados da simulação no HARSim, verifica-se que, de uma forma geral, existe uma maior concentração de situações de risco para estratégias operatórias que envolvem o transporte e MM de tubos enquanto produto em comparação com o vasilhame. O valor máximo registado para as forças axiais (1219,04N) ocorreu no transporte simétrico com a elevação total dos tubos para locais de *stock*, ao passo que o valor mínimo (76,64N) surgiu na inversão bi-manual do tubo após a secagem deste para a continuidade das provas hidráulicas, estando este posicionado sagitalmente em relação ao corpo humano. O valor máximo obtido para as forças de corte (1107N) surge nas duas estratégias existentes na movimentação manual dos tubos durante algumas etapas das provas hidráulicas que se traduzem no empurrar de forma simétrica os tubos (havendo também arrastamento). Por sua vez, o valor mínimo alcançado (132,09N) é verificado no depósito unilateral de vasilhame no contentor, existindo um suporte ao nível de um dos

membros superiores. Relativamente aos momentos flectores e pressões intradisciais os valores máximos registados (468,85Nm, 6,144MPa) encontram-se na mesma estratégia operatória, sendo essa o transporte simétrico de tubos por arrastamento (ambos à frente do corpo) na movimentação manual dos tubos após as provas hidráulicas. O valor mais baixo para os momentos flectores (7,1Nm) ocorreu no depósito unilateral de produto em paletes para armazenamento, existindo um apoio ao nível de um dos membros superiores. Para as pressões intradisciais o resultado mínimo obtido (0,012MPa) constatou-se em várias tarefas, no entanto os valores mínimos registados encontram-se todos ao nível da região cervical.

Através da simulação foi possível averiguar as relações estabelecidas entre as forças registadas com as posturas associadas às estratégias operatórias a que os operadores recorrem durante a realização das suas actividades ocupacionais. As forças que são exercidas ao nível da coluna vertebral dependem crucialmente das posturas assumidas durante a realização das tarefas. Considerando como referencial a postura/posição anatómica neutra, à medida que ocorre a flexão, flexão lateral ou rotação do tronco com a manipulação de uma carga, existe um incremento nas forças de corte, momentos flectores e pressões intradisciais. Este incremento é menor ou nulo (nas forças de corte) nos casos de rotação do tronco e maior (nas forças referidas) nos de flexão do tronco. O oposto é verificado nas forças axiais, embora a diferença não seja tão elevada como nas anteriores. Estes valores obtidos irão depender de forma significativa do peso da carga, isto é, quanto maior este for, maiores serão os resultados e os respectivos incrementos. É de referir ainda o papel dos membros inferiores nas várias estratégias, isto é, se a estratégia que os operadores executam envolveu a participação destes em detrimento da solicitação apenas do tronco e dos membros superiores para a MM de cargas, os valores registados poderão ser atenuados, dependendo exclusivamente do peso da carga e da postura adoptada. À medida que a carga se afaste do centro de massa do corpo humano, maiores serão as forças exercidas ao nível da coluna vertebral, com excepção das axiais que possuem o seu pico na postura/posição anatómica neutra. Isto ocorre independentemente do tubo ser elevado na totalidade ou não, sendo que a elevação de cargas possui valores significativamente superiores. A abdução dos membros superiores implica variações ao nível das forças pelo mesmo motivo referido anteriormente, isto é, dá origem a que o peso da carga se encontre mais afastado do centro de massa. Situações onde ocorre isoladamente a extensão ao nível do tronco conduzem a aumentos nas demais forças exceptuando as axiais, no entanto a extensão dos segmentos corporais pode ocorrer para compensar os graus de flexão existentes ou ainda para facilitar um movimento que necessite a produção de uma força acrescida, culminando numa redução das forças que são exercidas ao nível da coluna. O HARSim permite simular as forças que são exercidas nos vários segmentos da coluna vertebral para uma dada postura mas este não assume o papel dos músculos nem o recrutamento muscular, para além das desvantagens dos modelos estáticos (não considera a fadiga muscular e movimentos com velocidade elevada) e por este motivo os valores obtidos podem ser reduzidos ou agravados nas situações reais de trabalho, uma vez que se tratam de tarefas predominantemente dinâmicas. Por se tratar de uma simulação, as próprias posturas simuladas podem possuir algumas variações face às posturas reais assumidas pelos operadores, para além de não contemplar o estado real em que se encontram as estruturas alvo de análise (patologias latentes, microfracturas, desgaste).

Muitos dos resultados obtidos não podem ser comparados relativamente ao tipo de estratégia escolhida dado que existe uma grande diversidade de pesos e dimensões de tubos que culminam em diferenças posturais durante a interacção. Para além desta limitação, surge ainda a variável relativa à forma como o tubo é manuseado, isto é, se o tubo é elevado de forma unilateral ou bi-manual em que a pega ocorre ao nível da tulipa

ou ainda se o tubo é elevado bi-manualmente mas a pega ocorre na tulipa e na base do tubo. É de esperar que a intervenção dos dois membros superiores seja mais favorável por recrutar um maior grupo muscular para a concretização do movimento, o que permite uma maior distribuição da força muscular produzida em comparação com a estratégia unilateral. Comparando as duas formas bi-manuais presentes, é mais fácil e menos penoso para os operadores quando a pega ocorre em diferentes zonas, isto é, uma em cada extremidade do tubo desde que exista uma boa aderência e controlo para a manipulação. Esta estratégia permite ainda um maior número de músculos envolvidos (MS; Tronco; MI) do que a bi-manual com pega igual ao mesmo nível, que solicita a intervenção principalmente nos membros superiores e tronco. Esta distribuição uniforme ou desequilibrada determina a curto ou longo prazo a instalação da fadiga, sendo que esta é motivada pelos pesos manuseados e frequência das posturas. É ainda importante referir que por vezes, face a um determinado tipo de tubo (dimensão ou peso) é mais fácil executar a MM desse mesmo numa postura que possa ser próxima dos limites articulares, mas que envolva a participação de um maior número de segmentos corporais do que uma próxima à postura neutra, mas que abranja exclusivamente um único segmento.

Constata-se que nos casos em que o transporte de tubos ocorre simetricamente, independentemente de serem elevados ou arrastados, os valores adquiridos para as diversas forças são superiores comparativamente aos do transporte assimétrico. Isto advém essencialmente do número de tubos envolvidos (dois no transporte simétrico e um no assimétrico) e do peso da carga, que é agravada quando se trata de produto. A estratégia de transporte simétrico de tubos (ferro-velho) por arrastamento para locais de armazenamento (*stock*), seja de produto ou vasilhame é destacável negativamente, por ser o único caso que apresenta valores superiores aos de referência para as várias forças analisadas nas duas situações distintas. O facto de os tubos serem arrastados durante o transporte traduz-se em novas implicações pois não só gera uma flexão do tronco como também uma maior exigência ao nível do controlo da carga, devido às vibrações que resultam desse movimento, o que culminou no agravamento das forças (incremento de ~20%). Os tubos de ferro-velho, em particular os de 10kg, são de difícil transporte devido às dimensões que possuem, obrigando praticamente os operadores a recorrerem ao transporte por arrastamento. Muitos dos resultados obtidos são agravados devido à multiplicidade de variáveis que se encontram correlacionadas, por exemplo: o empurrar simetricamente os tubos, ambos à frente do corpo (no desenrolar das provas hidráulicas), faz com que as cargas se encontrem mais afastadas do centro de massa corporal do operador, que por sua vez, com base no peso que possuem, exigem mais ou menos esforço físico durante a MM. De forma a salvaguardar os seus recursos ou até mesmo para uma maior capacidade de produção de força, o operador pode praticar posturas flexionadas ao nível do tronco, tendo os membros inferiores um papel crucial a este nível. Se o tubo for manuseado mas sem ser transportado, é preferível que este se encontre no plano sagital face ao posicionamento do corpo humano do que no plano frontal, pelas mesmas razões advertidas: evita o aumento da distância da carga ao centro de massa que ocorre, em regra, com a abdução dos membros superiores.

É verificável que a existência de apoios ao nível dos membros superiores tem repercussões directas no nível das forças simuladas para a MMC, isto é, permitem a obtenção de valores mais baixos para as forças presentes ao nível da coluna vertebral, levando a uma exposição a valores inferiores aos referenciados como limite (sem risco). A estratégia de levantamento e depósito de tubos, seja vasilhame ou produto (unilateralmente ou bi-manualmente), para quando o operador está em cima da paleta deve ser evitada ao máximo por apresentar situações de risco quanto às forças de corte, momentos flectores e pressões intradisciais.

Tabela 13: Apresentação dos valores aproximados das forças exercidas ao nível da coluna vertebral num conjunto de tarefas (contemplando a diversidade das cargas em pesos e dimensões e os percentis 5 e 95 da antropometria humana), fazendo referência à articulação S1/L5 através da simulação no HARSim (* - incremento por mais controlo exigido ou sem controlo no depósito; *1 - pega ao nível da tulipa ou na base do tubo; *2 – pega ao nível da tulipa e na base do tubo).

Tarefas	Descrição da Postura / Estratégia	Tubos abrangidos	Forças Axiais (N)		Forças de Corte (N)		Momentos Flectores (Nm)		Pressões Intradiscais (MPa)		L5/L4	S1/L5
			Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo		
1- Retirada de vasilhame das paletes	Levantamento e depósito unilateral de um tubo (*)	6; 7; 8; 10; 12 (sem contabilizar os de ferro-velho)	860,35	644,68	523,16	396,17	124,42	67,044	2,216	0,045	1,498	0,940
	Levantamento bi-manual máximo de um tubo que se encontra nos vértices da paleta para a retirada da grade (*1)	6; 7; 8; 10; 12 (sem contabilizar os de ferro-velho)	733,93	552,91	373,55	275,08	174,25	94,12	2,785	0,037	2,070	1,528
	Levantamento e depósito unilateral de um tubo	6 e 7 (ferro-velho)	612,14	586,45	279,29	267,79	66,11	58,08	0,997	0,039	0,832	0,701
	Levantamento e depósito bi-manual de um tubo (*1)	6, 7 e 10 (ferro-velho) (*)	728,89	632,2	314,26	299,78	151,87	84,696	2,264	0,043	1,748	1,303
1- Transporte de vasilhame para locais de stock	Transporte feito assimetricamente com um tubo, sendo este elevado por completo	2,6; 6; 7; 8; 10 (com excepção de ferro-velho); 12	725,85	521,19	419,89	266,91	104,34	23,53	1,709	0,038	1,383	1,167
	Transporte feito assimetricamente com um tubo, sendo este arrastado (*)	6; 7; 8; 10; 12 (sem contabilizar os tubos de ferro-velho)	703,45	595,36	455,77	358,44	103,57	65,772	1,8432	0,043	1,719	1,198
		6; 7; 10 (só tubos de ferro-velho)	692,22	616,25	445,66	331,74	120,2	49,236	2,026	0,043	2,026	1,429
	Transporte feito simetricamente com dois tubos, estando estes elevados por completo	2,6; 6; 7; 8; 10 (com excepção de ferro-velho); 12	1003,47	589,17	486,66	258,09	30,34	21,41	0,935	0,038	0,671	0,559
	Transporte feito simetricamente com dois tubos, sendo estes arrastados (*)	6; 7; 8; 10; 12 (sem contabilizar os tubos de ferro-velho)	802,13	594,25	795,91	602,71	127,45	105,66	1,789	0,043	1,789	1,384
6; 7; 10 (só tubos de ferro-velho)		829,07	760,44	546,8	503,75	269,62	233,08	3,9876	0,045	3,9876	2,803	
1- Colocação de vasilhame em paletes	Depósito unilateral, com um pé apoiado ao nível do solo e outro na paleta	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são considerados)	702,36	522,18	463,15	350,72	89,68	51,6	0,868	0,035	0,868	0,714
	Depósito unilateral de um tubo, existindo um apoio ao nível de um membro superior	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são considerados)	728,98	546,24	404	272,65	107,38	54,65	1,852	0,037	1,037	0,947
	Levantamento e depósito unilateral de um tubo, estando o operador em cima da paleta	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são considerados)	608,61	450,69	656,35	497,03	169,94	134,75	2,369	0,166	2,369	1,732
	Levantamento unilateral com um tubo	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são considerados)	680,88	504,43	635,64	481,35	93,02	80,04	1,332	0,033	1,332	1,062
	Depósito unilateral de um tubo	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são considerados)	700,64	519,07	605,34	458,4	179,6	100,2	2,584	0,037	2,584	1,861
	Levantamento e depósito bi-manual de um tubo, estando o operador em cima da paleta (*1)	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são considerados)	612,46	452,82	656,19	496,9	233,19	171,27	3,267	0,012	3,267	2,299
	Levantamento bi-manual de um tubo (*1)	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são considerados)	697,74	516,94	519,31	368,86	117,58	85,61	1,806	0,029	1,806	1,375
Depósito bi-manual de um tubo (*1)	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são considerados)	714,51	532,44	466,52	353,3	253,27	140,89	3,731	0,038	3,731	2,600	
1- Colocação de vasilhame em contentores (vermelho e de grades)	Levantamento unilateral máximo para depositar o tubo no contentor	2,6; 6 e 7 (tubos de ferro-velho)	613,22	528,49	312,24	265,5	119,92	73,06	1,524	0,039	1,478	1,068
	Depósito unilateral do tubo no contentor, havendo suporte num dos membros superiores	2,6; 6 e 7 (tubos de ferro-velho)	296,22	262,12	140,43	129,27	8,97	8,97	0,223	0,034	0,208	0,223

Tabela 13 (continuação): Apresentação dos valores aproximados das forças exercidas ao nível da coluna vertebral num conjunto de tarefas (contemplando a diversidade das cargas em pesos e dimensões e os percentis 5 e 95 da antropometria humana), fazendo referência à articulação S1/L5 através da simulação no HARSim (* - incremento por mais controlo exigido ou sem controlo no depósito; *1 - pega ao nível da tulipa ou na base do tubo; *2 – pega ao nível da tulipa e na base do tubo).

Tarefas	Descrição da Postura / Estratégia	Tubos abrangidos	Forças Axiais (N)		Forças de Corte (N)		Momentos Flectores (Nm)		Pressões Intradiscas (MPa)		L5/L4	S1/L5
			Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo		
1- Colocação de vasilhame em contentores (vermelho e de grades) (continuação)	Depósito bi-manual de um tubo (*1)	10 (tubos de ferro-velho)	717,53	659,19	364,63	332,89	170,2	143,83	2,719	0,037	2,023	1,494
2- Decapagem dos tubos	Levantamento e depósito unilateral de um tubo, existindo apoio num membro superior	6 e 7 (alumínio e ferro-velho); e 10 (alumínio)	679,89	535,91	391,68	337,4	184,27	130,47	2,745	0,034	2,745	1,949
	Levantamento e depósito bi-manual de um tubo (*1)	8; 10; 20; 25	1048,64	603,79	458,01	326,64	252,47	126,36	3,499	0,038	2,386	2,477
4- Prova Hidráulica: teste de pressão	Transporte feito assimetricamente com um tubo, sendo este arrastado (*)	Todos os tubos com excepção dos de 10 (ferro-velho), 20 e 25kg	774,56	635,68	525,48	401,89	132,53	101,22	2,024	0,044	2,024	1,564
	Transporte feito simetricamente com dois tubos, sendo estes arrastados (*)	Todos os tubos com excepção dos de 10 (ferro-velho), 20 e 25kg	961,7	693,26	941,96	694,73	143,93	116,04	2,022	0,043	2,022	1,578
4- Provas Hidráulicas: inversão dos tubos após a prova	Inversão bi-manual do tubo, estando este posicionado sagitalmente em relação ao corpo humano (*1)	6 e 7 (todos); 8; 10 (com excepção de ferro-velho)	102,92	83,77	692,01	574,38	118,4	119,2	1,999	0,033	1,394	1,073
	Inversão bi-manual do tubo, estando este posicionado frontalmente em relação ao corpo humano (*2)	6 e 7 (todos); 8; 10 (com excepção de ferro-velho)	326,78	265,96	685,72	569,16	302,92	231,48	3,999	0,014	3,999	2,766
4- Provas Hidráulicas: inversão dos tubos após a secagem	Inversão bi-manual do tubo, estando este posicionado sagitalmente em relação ao corpo humano (*1)	6 e 7 (todos); 8; 10 (com excepção de ferro-velho)	91,39	76,64	621,2	530,6	118,88	119,49	1,564	0,033	1,428	1,076
	Inversão bi-manual do tubo, estando este posicionado frontalmente em relação ao corpo humano (*2)	6 e 7 (todos); 8; 10 (com excepção de ferro-velho)	290,17	243,33	615,55	525,78	259,91	204,88	3,426	0,014	3,426	2,376
4- Prova Hidráulica: movimentação manual dos tubos	Empurrar simetricamente os tubos (ambos à frente do corpo) (*)	6; 7; 8; 10 (sem considerar os de ferro-velho)	587,68	353,04	1107	696,37	468,85	329,81	6,144	0,027	6,144	4,245
	Empurrar simetricamente os tubos (um tubo à frente do corpo e outro atrás) (*)	6; 7; 8; 10 (sem considerar os de ferro-velho)	587,68	353,04	1107	696,37	186,35	176,59	3,786	0,027	2,0436	1,627
5- Pintura dos tubos: zona superior	Levantamento e depósito unilateral de um tubo, para o seu depósito no suporte móvel	8; 10 (tubos de ferro apenas)	877,08	769,51	397,5	349,52	160,79	114,53	2,557	0,043	1,614	1,376
	Levantamento e depósito bi-manual de um tubo, para o seu depósito no suporte móvel (*1)	8; 10 (tubos de ferro apenas)	872,74	763,94	453,08	398,4	230,93	177,8	3,522	0,045	3,448	2,454
8- Colocação do produto nas paletes para armazenamento	Depósito unilateral de um tubo, com um pé apoiado ao nível do solo e outro na palete	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são contemplados)	809,03	575,27	529,03	384,14	129,23	44,93	0,978	0,036	0,978	0,807
	Depósito unilateral de um tubo, existindo um apoio ao nível de um membro superior	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são contemplados)	441,37	316,3	190,17	143,78	8,99	7,1	0,343	0,037	0,318	0,238
	Levantamento e depósito unilateral de um tubo, estando o operador em cima da palete	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são contemplados)	702,63	497,56	749,72	544,39	190,56	145,21	2,650	0,016	2,650	1,947
	Levantamento unilateral de um tubo	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são contemplados)	785,52	556,88	726,07	527,22	100,63	83,9	1,435	0,033	1,435	1,163
	Depósito unilateral de um tubo	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são contemplados)	807,05	573,04	691,45	502,08	226,13	123,8	3,237	0,037	3,237	2,314

Tabela 13 (continuação): Apresentação dos valores aproximados das forças exercidas ao nível da coluna vertebral num conjunto de tarefas (contemplando a diversidade das cargas em pesos e dimensões e os percentis 5 e 95 da antropometria humana), fazendo referência à articulação S1/L5 através da simulação no HARSim (* - incremento por mais controlo exigido ou sem controlo no depósito; *1 - pega ao nível da tulipa ou na base do tubo; *2 – pega ao nível da tulipa e na base do tubo).

Tarefas	Descrição da Postura / Estratégia	Tubos abrangidos	Forças Axiais (N)		Forças de Corte (N)		Momentos Flectores (Nm)		Pressões Intradisciais (MPa)		L5/L4	S1/L5
			Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo		
8- Colocação do produto nas paletes para armazenamento (continuação)	Levantamento e depósito bi-manual de um tubo, estando o operador em cima da palete (*1)	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são contemplados)	707,08	499,91	749,53	544,26	269,47	189,68	3,776	0,012	3,776	2,654
	Levantamento bi-manual de um tubo (*1)	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são contemplados)	803,75	570,7	618,29	404,01	136,33	95,12	2,092	0,029	2,092	1,589
	Depósito bi-manual de um tubo (*1)	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são contemplados)	821,26	586,58	532,91	386,96	319,16	174,3	4,682	0,038	4,682	3,237
8- Transporte de produto para locais de stock	Transporte feito assimetricamente com um tubo, estando este elevado por completo	2,6; 6; 7; 8; 10 (com excepção de ferro-velho); 12	834,48	542,77	499,89	277,48	141,51	29,57	2,316	0,038	1,712	1,451
	Transporte feito assimetricamente com um tubo, sendo este arrastado (*)	6; 7; 8; 10; 12 (sem contabilizar os tubos de ferro-velho)	766,75	627,53	512,78	387,41	126,41	76,188	2,1984	0,043	2,0184	1,672
		6; 7; 10 (só tubos de ferro-velho)	750,53	650,1	498,17	349,16	143,38	59,88	2,4168	0,043	2,4	1,665
	Transporte feito simetricamente com dois tubos, estando estes elevados por completo	2,6; 6; 7; 8; 10 (com excepção de ferro-velho); 12	1219,04	631,99	612,22	276,48	34,88	22,34	1,12	0,038	0,847	0,655
	Transporte feito simetricamente com dois tubos, sendo estes arrastados (*)	6; 7; 8; 10; 12 (sem contabilizar os tubos de ferro-velho)	925,78	656,05	909,13	660,14	140,22	112,14	1,969	0,043	1,969	1,573
		6; 7; 10 (só tubos de ferro-velho)	944,95	874,44	619,08	575,28	330,95	293,78	4,8756	0,045	4,8756	3,404
9- Colocação do produto nas paletes para encomendas	Depósito unilateral de um tubo em cima de uma palete já formada	2,6; 6 e 7 (alumínio)	627,25	533,63	409,52	351,7	98,46	76,55	1,561	0,039	1,561	1,172
	Depósito bi-manual de um tubo (*2)	6 e 7 (ferro-velho)	375,9	354,87	685,44	650,36	254,59	237,5	3,713	0,033	3,713	2,360
		10 (ferro-velho)	463,11	427,82	827,24	768,71	249,87	233,6	3,305	0,013	3,305	2,312
	Levantamento bi-manual inicial de um tubo para o depositar em cima de uma palete já formada (*2)	6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são considerados)	357,71	252,45	852,44	618,98	278,98	205,21	3,692	0,013	3,692	2,582
Depósito bi-manual de um tubo em cima de uma palete já formada (*2)	2,6; 6; 7; 8; 10; 12 (os tubos de ferro-velho não são considerados)	891,96	528,89	562,78	327,52	280,09	138,79	4,331	0,013	4,331	2,071	
9- Colocação do produto em contentores (vermelho e de grades) para encomendas	Levantamento bi-manual inicial de um tubo (*2)	6 e 7 (tubos de ferro-velho)	241,89	228,3	699,04	663,28	233,81	221,88	3,075	0,015	3,075	2,135
	Levantamento bi-manual máximo de um tubo (*1)	6 e 7 (tubos de ferro-velho)	679,92	644,53	344,17	324,92	191,36	171,83	2,995	0,037	2,342	1,688
	Depósito unilateral de um tubo no contentor, havendo suporte num dos membros superiores	2,6; 6 e 7 (tubos de ferro-velho)	322,92	270,73	149,17	132,09	8,97	8,97	0,239	0,034	0,223	0,239
	Depósito bi-manual de um tubo (*1)	10 (tubos de ferro-velho)	813,41	754,47	416,4	384,72	290,26	161,03	4,457	0,037	3,649	2,558
10- Verificação e identificação de fugas nos tubos	Levantamento unilateral de um tubo para o depósito deste no tanque com água	6; 7 (só de alumínio)	609,25	573,94	401,63	379,61	176,83	157,71	2,607	0,037	2,607	1,878
	Levantamento bi-manual de um tubo para o depósito deste no tanque com água (*2)	8; 10 (só de ferro)	352,44	303,27	840,76	731,71	275,29	240,83	3,643	0,013	3,643	2,548
	Movimentação bi-manual de um tubo para o depósito deste no tanque com água (*2)	6; 7; 8; 10 (sem contabilizar tubos de ferro-velho)	825,35	601,33	431,57	314,27	147,04	83,26	2,475	0,038	2,232	1,662
	Levantamento bi-manual de um tubo para o depósito deste no tanque com água (*2)	6; 7; 10 (todos de ferro-velho)	404,69	315,73	787,41	626,71	283,27	222,97	3,831	0,021	3,831	2,696

A região lombar é claramente a mais exposta a valores elevados de pressão intradiscal, seguindo-se a região dorsal e em último a cervical, tendo a L5/L4 um maior destaque por registar muitas das vezes os valores máximos obtidos relativamente às pressões intradiscas. É importante salientar a prevenção dos momentos em que ocorre a ultrapassagem destes valores para a articulação S1/L5 dado que esta, devido à sua constituição é menos capacitada para a dispersão das forças que se exercem sobre os constituintes da sua estrutura. É possível ainda verificar, com os resultados obtidos, que confrontando o depósito com o levantamento, de uma forma global, este detém valores mais elevados para as diversas forças. Não é possível fazer uma distinção de qual das estratégias é preferível, relativamente à forma unilateral ou bi-manual considerando exclusivamente os resultados obtidos, dado que são muito próximos em termos de valores, podendo, no entanto, afirmar-se que a estratégia bi-manual é agravada pelas posturas assumidas e pela variação das distâncias ao centro de massa.

Desta forma, é possível afirmar que as estratégias às quais os operadores recorrem para a realização das suas tarefas ocupacionais acarretam consequências quanto ao grau de exposição biomecânica, podendo este ser agravado pelas que são associadas à presença de valores elevados de força/pressão que ultrapassam os limites toleráveis das estruturas a que pertencem o sistema músculo-esquelético humano (coluna vertebral). As tarefas de transporte de cargas para locais de armazenamento (vasilhame e produto, com ênfase neste último), a decapagem, as provas hidráulicas (peso acrescido quando os tubos se encontram preenchidos por água), a pintura (zona superior), a colocação de produto (paletes, contentores e encomendas) e a identificação e verificação de fugas nos tubos são as tarefas que abrangem o maior número de estratégias que agravam a exposição biomecânica. Entretanto foi possível ainda observar que a estratégia de utilização de um suporte para um dos membros superiores permite uma redução acentuada nos resultados registados de forças axiais, de corte, momentos flectores e pressões intradiscas (redução ao ponto de não existir risco). Essa situação permite reduzir e atenuar a exposição biomecânica a que os operadores do sector de CO₂ estão sujeitos, estando, contudo, dependente da frequência da prática desta estratégia. É de referir ainda que a estratégia de molhar o piso por forma a possibilitar um melhor deslizamento dos tubos ao nível do chão pode ser uma boa estratégia, embora deva ser acautelada no sentido em que aumenta a probabilidade de queda ao nível do chão.

Uma das tarefas que recebeu bastante destaque não só pela MMC associada mas também pela existência de vibrações foi a carimbagem dos tubos, procedimento que se segue à inspecção após as provas hidráulicas. As vibrações sentidas pelos operadores resultam directamente da relação estabelecida entre duas variáveis: a força (produzida pelos músculos) e a velocidade do movimento por parte do membro superior (direito) responsável por esta acção (martelagem). Simultaneamente ao movimento de martelagem, o outro membro superior (esquerdo) é responsável pela preensão e colocação do marcador no tubo (zona superior), onde ocorrerá o choque físico o que faz com que a vibração resultante seja sentida ao nível das duas mãos do operador. Como foi referido anteriormente, a carimbagem ocorre em dois momentos diferentes que podem ou não coincidir com o mesmo turno, com diferenças significativas tanto na frequência como nas posturas associadas. Durante a aplicação do equipamento de acelerometria para medição das vibrações, registaram-se os seguintes valores máximos: 1,22 m.s.⁻² (mão direita) e 1,61 m.s.⁻² (mão esquerda) na carimbagem das datas; 0,59 m.s.⁻² (mão direita) e 0,75 m.s.⁻² (mão esquerda) na carimbagem do símbolo do inspector. Através destes resultados conclui-se que os valores de vibração ficam abaixo do VAE (2,5 m.s.⁻²) para o sistema mão-braço o que permite afirmar que as vibrações, por si só, não são suficientes para a ocorrência de LMERT ao nível do membro superior (punho, mão/braço). No entanto, é visível que os valores assinalados para as vibrações são superiores na mão que controla a posição do

marcador em comparação com a que executa o movimento. A diferença entre os valores obtidos para as duas situações deve-se à frequência das acções de martelagem: no caso da carimbagem do símbolo apenas é exigida uma acção (no máximo duas por tubo, se a carimbagem ficar com algum erro na visualização); por sua vez, no caso da carimbagem das datas, esse número aumenta para seis (no mínimo). Qualquer momento de carimbagem implica o manuseamento com movimentação e transporte de cada tubo, sendo, no total, cerca de 200 tubos.

A par das vibrações, verifica-se que as posturas assumidas durante a carimbagem do símbolo do inspector, após as provas hidráulicas, se caracterizam por um *score* médio REBA significativamente mais elevado (9,25), com risco elevado para a ocorrência de LMERT, do que as registadas aquando da carimbagem das datas (5,5), com risco médio. A repetitividade, isto é, a frequência de realização de determinados movimentos ao nível destas duas sub-tarefas é fortemente influenciada pela gestão da equipa face à distribuição de tarefas (exemplo: os elementos de um turno fazem apenas um dos momentos da carimbagem), ou ainda, pela gestão individual com alternância das várias fases que constituem as tarefas (exemplo: o operador em vez de carimbar as datas nos 200 tubos de forma seguida, prossegue com a montagem dos acessórios nos tubos à medida que carimba cada tubo). Desta forma a repetitividade pode ser elevada ou apaziguada com base nas estratégias operacionais que os operadores definem. Assim, pode concluir-se que as vibrações podem, em junção com as posturas, a repetitividade e a força, agravar a exposição biomecânica dos operadores, culminando na instalação de fadiga muscular ou até mesmo na dor, já vivenciada, nos membros superiores.

O somatório informativo alcançado pela aplicação da metodologia anteriormente referida permite afirmar que as tarefas que necessitam de intervenção são: a colocação de produto nas paletes para armazenamento ou na preparação de encomendas (com a colocação destes nos contentores ou em paletes já formadas); o transporte dos tubos para locais de *stock* ou entre várias etapas de uma dada tarefa; as provas hidráulicas; a decapagem; a identificação e verificação de fugas e, por fim, mas não menos importante, a pintura dos tubos. Apesar de ter sido comprovado que a exposição biomecânica ocupacional desta população operadora é elevada, esta depende da distribuição e organização das tarefas entre os vários operadores. Existem ainda variáveis que interferem e condicionam a exposição, nomeadamente a sazonalidade de produção e as variações climáticas que se fazem sentir no Sector. Quanto à sazonalidade (tabela 14), verifica-se um aumento de aproximadamente dois valores (sendo superior em alguns casos) nos resultados do *score* do REBA para os membros superiores na transição da época baixa para a época alta. Este aumento resulta essencialmente do acréscimo da repetitividade, duração e frequência das tarefas ao longo de um turno de trabalho. Relativamente à equação composta de NIOSH, os valores obtidos estão dentro dos considerados “normais”, isto é, não existe risco para a ocorrência de LMERT. Este resultado não é de todo fiável, dado que esta equação não permite contemplar um número elevado de situações de levantamento e depósito de cargas ao mesmo tempo, o que obrigou a uma repartição das tarefas com base na classificação de diárias, semanais, mensais ou anuais, tendo sido posteriormente calculada a soma desses valores com as ponderações atribuídas. Para além desta desvantagem, esta não contempla ainda as estratégias de levantamento e depósito unilateral ou ainda as que não exigem controlo no movimento, que são bastante comuns durante a realização das tarefas. Desta forma conclui-se que a sazonalidade de produção determina a exposição biomecânica, tendo um maior destaque nos meses considerados época alta. Como o Sector não é isolado do exterior, encontrando-se este sujeito às variações térmicas resultantes das condições atmosféricas, os operadores são submetidos aos dois extremos (frio e calor). O frio, seja pelo ambiente térmico do posto de trabalho ou pelo contacto com superfícies “frias” (tubagens, mangueiras onde o CO₂, armazenado a temperaturas negativas, é transportado),

e devido às implicações que possui no sistema termorregulador humano, pode ser um factor de risco se estiverem presentes situações de vibração. Esta situação ocorre durante o enchimento dos tubos, transporte dos tubos (com arrastamento) e durante a carimbagem das datas das provas hidráulicas nos tubos.

Tabela 14: Apresentação dos valores médios e máximos do REBA e da equação composta de NIOSH, determinados para os vários operadores com base nas tarefas que realizam, referenciando a sazonalidade de produção.

	Época Baixa		Época Alta		Época Baixa	Época Alta
	REBA		REBA		Equação composta de NIOSH	
	ESQ	DIR	ESQ	DIR		
Valor máximo	10,77025	11,44681	12,7559	13,73829	1,061310838	0,980711929
Média	9,437756	10,16239	11,39789	12,32839	0,93549924	0,928459059

Apesar do trabalho nocturno não ser uma das variáveis deste estudo, é necessário realçar o papel que este pode ter associado à exposição biomecânica ocupacional relativamente à génese e desenvolvimento de LMERT, no entanto, é necessário mais investigação científica na correlação que possa vir a ser ou não estabelecida. Os principais efeitos que o trabalho nocturno possui para o organismo humano referidos na literatura são, por exemplo, a redução da qualidade do sono, as alterações nos ciclos circadianos, os problemas digestivos, as interferências na vigiância e atenção.

VI- RECOMENDAÇÕES

Após a discussão em torno dos resultados que fundamentaram e enriqueceram o diagnóstico com a comprovação das hipóteses formuladas no pré-diagnóstico, serão seguidamente anunciadas algumas recomendações que terão como base as informações e conclusões alcançadas. As recomendações serão divididas em duas dimensões: a organizacional e a técnica/processual.

Na primeira dimensão é necessário o desenvolvimento de novas acções de formação e informação/sensibilização relativamente ao transporte e MMC, que não devem ser focadas exclusivamente na forma como se deve prosseguir neste tipo de tarefas, embora seja importante, mas deverão também fazer referência ou apostar no trabalho em equipa para a realização dessas mesmas. Uma outra recomendação ao nível organizacional seria uma maior rotatividade e distribuição uniforme em termos de tarefas pelos vários operadores da equipa durante um turno de trabalho, isto porque existem tarefas que são fixas para um único indivíduo, o que nalguns casos leva a que este esteja exposto a situações de sobrecarga física ou a factores de risco. Para além da rotação entre tarefas, é recomendável uma maior rotação entre operadores nos turnos existentes, evitando a fixação de determinados operadores apenas num tipo de turno.

Em relação aos meios técnicos e processuais surgem algumas recomendações próprias para determinados equipamentos, já existentes na zona 2 do Sector, e outras consideradas como novas e inovadoras que implicarão alguma reestruturação na realização de algumas tarefas, encontrando-se estas sujeitas a debate futuro com os responsáveis pela produção e gestão do Sector. Uma das recomendações seria a criação de um novo contentor (figura 8), semelhante ao existente (vermelho), mas com as dimensões de uma palete e com a existência de uma porta de forma a minimizar a altura do levantamento para depósito dos tubos no seu interior. O próprio contentor permitiria ainda a existência de apoios ao nível dos MS durante a introdução das cargas. Este contentor serviria como meio de transporte para as encomendas solicitadas ou como armazenamento de vasilhame/produto.

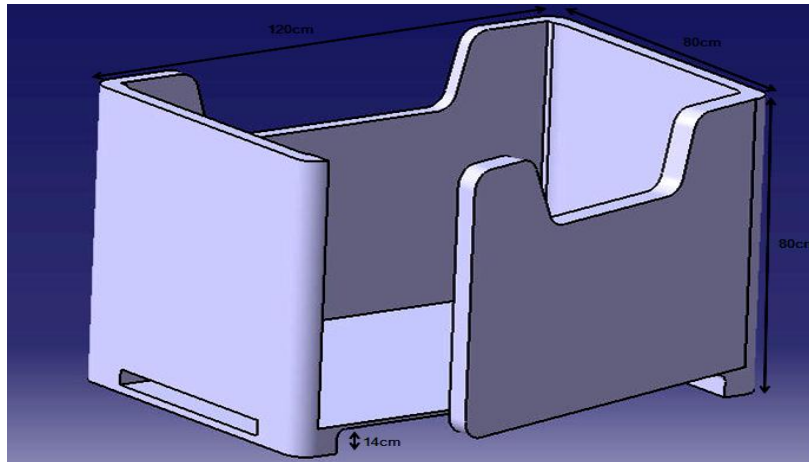


Figura 8: Demonstração do protótipo relativamente ao contentor, com as dimensões iguais às de uma palete (altura, comprimento e largura).

Uma outra solução possível, ainda referente ao acondicionamento de produto nas paletes ou à preparação de encomendas, seria a criação de uma base ao nível do chão, móvel em altura com as dimensões aproximadas da palete (figura 9), esta base encontraria-se nas duas extremidades do local onde se encontram os tubos para enchimento de CO₂. A base serviria de suporte para as paletes/contentores e ao descer (só permitiria uma descida máxima de 14cm do nível do chão) iria assentar a palete/contentor ao nível do solo, o que acabaria com a necessidade de levantamento e depósito dos tubos enquanto produto, podendo, no entanto, também ser usada para o acondicionamento de vasilhame. A criação desta base envolve a existência de uma alavanca (ou mais) que se encontra posicionada inferiormente, o espaço concebido para a alavanca deve contemplar um sistema que não permita a acumulação de água e de poeiras no seu interior.

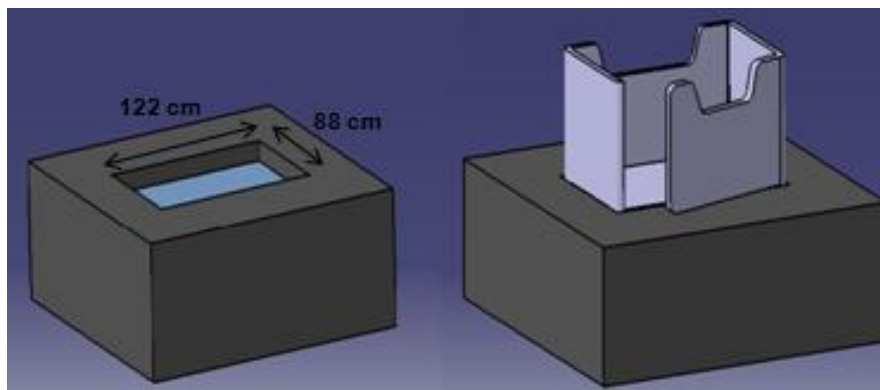


Figura 9: Demonstração do protótipo relativamente à base móvel em altura (descida apenas e posicionamento inicial ao nível do chão), com a configuração de uma palete, de forma a possibilitar o seu uso tanto em paletes como nos contentores.

A proposta de melhoria que se segue (figura 10), centra-se na máquina de decapagem/pintura dos tubos, isto é, na adaptação desta para uma melhor eficácia geral nas tarefas que recorrem a este equipamento mas também para a abrangência de outras fases da pintura dos tubos que se realizam sem o auxílio desta, tendo outras implicações.

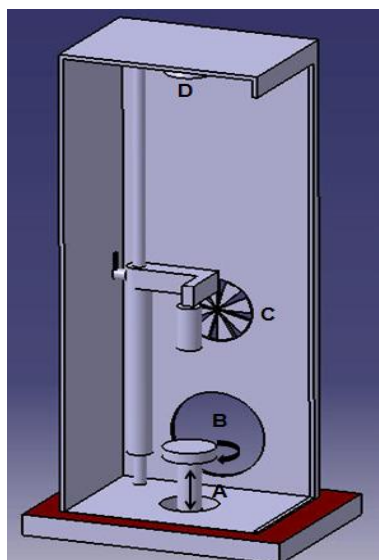


Figura 10: Representação da máquina de decapagem/pintura existente no sector, com algumas modificações no seu interior (A- base giratória dos tubos móvel em altura, máxima de +50cm e mínima de -5cm; B- extrator de resíduos resultantes da decapagem; C- extrator de ar; D- fonte luminosa).

Em relação à tarefa de decapagem com a introdução de uma base móvel em altura, o suporte existente para os tubos deixaria de exigir o levantamento e depósito destes, por parte dos operadores, para a sua colocação no interior do equipamento. O extrator de resíduos, embora já exista, deveria ser assentado ao nível da base do equipamento ou então na base do mesmo (neste caso toda a estrutura associada à base móvel deveria ser reformulada). No que diz respeito à tarefa de pintura dos tubos, esta base permitiria que a pintura da zona superior ocorresse no seu interior, eliminando, portanto, o levantamento e depósito associado a esta tarefa para determinados tipos de tubos. Uma outra alteração possível de se verificar seria a redução dos graus de flexão do tronco ou ainda da flexão lateral que estão presentes durante a pintura da zona intermédia dos tubos. A implementação de uma fonte de luz no interior da máquina permitiria uma melhor inspeção visual do tubo tanto após a decapagem como durante a pintura, o que não se verifica nas condições actuais devido ao posicionamento da máquina face à luz natural, o que reduziria as acções de retirada dos tubos para a realização do controlo. Esta deveria ter, ainda, um sistema de protecção da luminária durante a realização da tarefa de decapagem. Uma nova característica a implementar na máquina seria o extrator de ar que impediria a acumulação de cheiros e a exposição a substâncias voláteis relacionadas com as tintas ou decapante. Ainda nesta temática, é aconselhável a substituição de produtos nocivos para a saúde por outros que não apresentem risco (ideal) que possam existir no mercado.

A tarefa referente às provas hidráulicas é a mais desafiante em termos de propostas de melhoria ou recomendações, por possuir vários momentos com diferentes durações que implicam a coordenação entre os vários turnos de trabalho existentes. Esta exige um elevado transporte e MMC (200 tubos), nomeadamente, de vasilhame que será preenchido por água (peso superior ao do produto). A proposta de melhoria apresentada seguidamente (figura 11) implicaria uma reformulação ao nível do *layout*. Corresponderia a uma linha de seguimento lógico de produção que funcionaria em dois sentidos, isto é, a linha iniciar-se-ia ao lado do equipamento auxiliar para a montagem/reparação dos acessórios nos tubos, onde se encontraria uma caixa deslizante ou carrinho adaptável ao nível do chão (constituída por grades móveis) que teria uma capacidade de 10 tubos (distribuídos com a forma apresentada na figura 11) que seriam inseridos manualmente pelos operadores. De uma forma computadorizada ou manualmente (através de um processo simples) a caixa (ou carrinho) seria deslocada ao longo da linha, passando pelas fontes de água (2) que a jacto ou com uma tubagem permitiriam o enchimento individual de cada tubo e a sua respectiva limpeza interna. Assim que o tubo estivesse limpo internamente (água que sai do interior

encontra-se translúcida) o operador daria seguimento à linha, isto é, à medida que outros tubos seriam alvo de enchimento (de água), os que já tivessem sido limpos seriam alvo de montagem das válvulas cegas. Este processo de montagem das válvulas seria semelhante ao já existente no equipamento auxiliar anteriormente referido, ou seja, existiriam dois suportes fixos com braços de transmissão onde se introduziriam as chaves próprias para a colocação destas válvulas. Após a lavagem e montagem das válvulas nos dez tubos, a caixa deslocar-se-ia para a cabine do teste de pressão (figura 12). Na cabine o operador iria ligar as mangueiras às válvulas e após estas serem ligadas, fecharia a cabine e iniciaria a prova hidráulica. Finalizada a prova, a caixa deslocar-se-ia para a linha principal (figura 13) onde se encontraria um braço mecânico móvel que executaria o levantamento e a inversão dos tubos, culminando com o depósito destes num local pré-determinado pelo operador. Após a retirada dos tubos do interior da caixa, esta voltaria à posição inicial dando continuidade e seguimento à produção com a repetição das operações até contemplar os 200 tubos envolvidos. Esta linha coincidiria com a existente referente à condução da água que é libertada durante o processo. Todas as dimensões atribuídas consideraram as medições dos vários tubos, podendo, no entanto, estar sujeitas a modificações com base no tipo e natureza do material que poderá ser utilizado para a construção da linha.

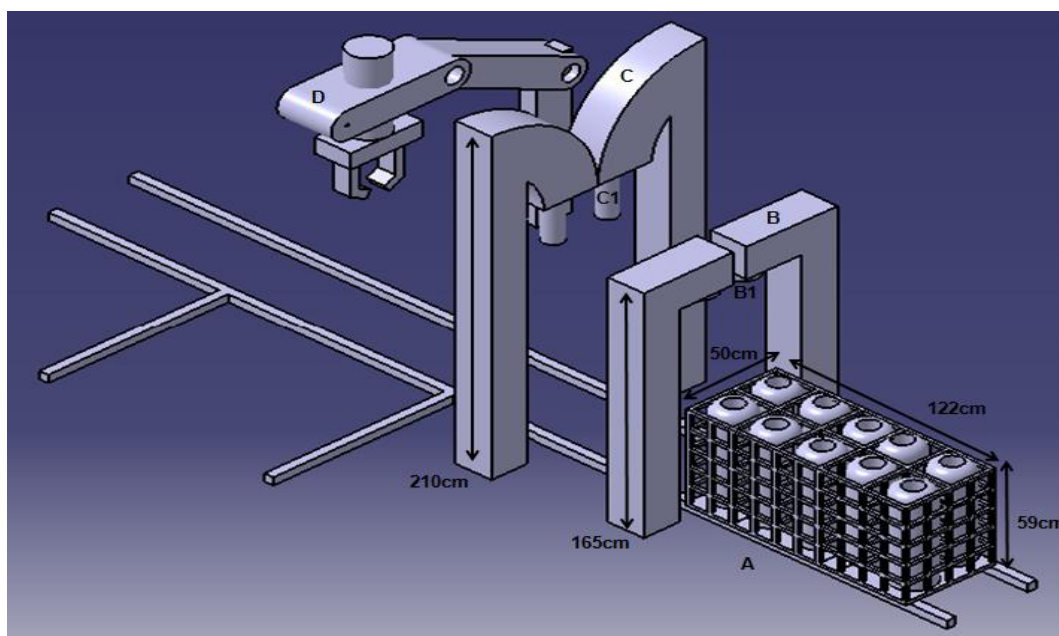


Figura 11: Representação do protótipo da linha de produção para as provas hidráulicas (A- caixa deslizante ou carrinho com as dimensões atribuídas considerando as dos tubos existentes; B- fontes de água que funcionariam ao mesmo tempo; C- suportes fixos com os braços de transmissão para a montagem das válvulas cegas; D- braço mecânico móvel).

À medida que os tubos vão saindo da linha para secagem um outro operador pode dar seguimento à pintura da base dos mesmos. Após a conclusão destas duas tarefas, prosseguir-se-á com a inversão dos tubos para a posição normal, podendo ocorrer com auxílio do braço mecânico ou manualmente (com a estratégia do suporte de forma a salvaguardar a integridade do tubo). O braço mecânico móvel poderia ainda ser deslocado para qualquer local da zona 2, o que iria permitir auxiliar a preparação de encomendas (colocação de tubos em cima de paletes já formadas). É de salientar ainda a utilização e disponibilização de máscaras de protecção respiratória durante o uso de ar comprimido no interior dos tubos.

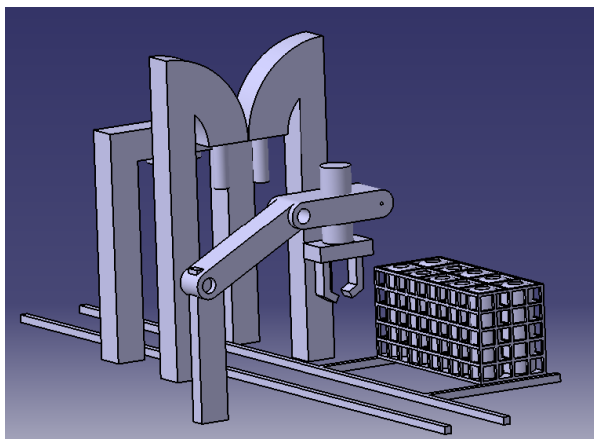


Figura 12: Demonstração do deslocamento da caixa ou carrinho para a cabine da prova hidráulica.

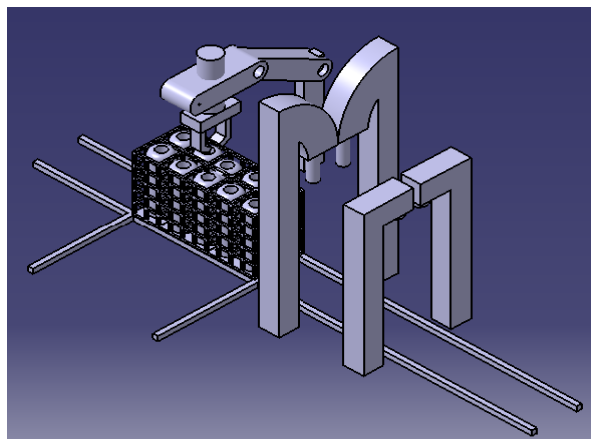


Figura 13: Demonstração do deslocamento da caixa ou carrinho para a linha principal onde se iria recorrer ao braço mecânico para o levantamento com inversão e posteriormente depósito dos tubos.

A carimbagem dos tubos é uma sub-tarefa das provas hidráulicas que teve vários destaques de diferentes naturezas ao longo deste estudo. Uma possível solução de forma a findar a existência desta, seria a utilização de braçadeiras de plástico resistente ou metálicas (o ideal talvez fosse a combinação das duas) que seriam assentadas nos tubos (gargalo) através de um sistema (exemplo: máquina) que só a SCC poderia aplicar e retirar. Estas deteriam um código de leitura para os clientes (data da prova e validade), mas também um de barras para a própria empresa, que seria lido pelo aparelho que já possuem no Sector, utilizado para a leitura dos códigos de produção e que permitiria aceder à base de dados dos tubos, permitindo consultar várias informações (exemplo: número do tubo, fabricante, capacidade, inspector responsável pela última prova exercida sobre o tubo, entre outros). O material deste acessório poderia ser reciclável (vertente ambiental e ecológica) e permitiria que a carimbagem dos tubos deixasse de ser necessária.

O transporte manual dos tubos sejam estes elevados na totalidade ou por arrastamento, é uma das tarefas que determina de forma acentuada a exposição biomecânica ocupacional dos demais operadores. Desta forma é necessário algo que auxilie esse transporte, reduzindo as implicações relativas à produção de força, às posturas desfavoráveis assumidas e à exposição de vibrações resultantes do arrastamento nalguns casos. Esse auxílio poderá ocorrer por meio da utilização de um carrinho de transporte e existem vários carrinhos no contexto industrial com uma diversidade de formatos. Um carrinho ideal seria, por exemplo, um semelhante ao da figura 14, tendo em conta que durante a utilização deste deveria ser necessário, por questões de segurança, o uso de uma cinta.



Figura 14: Apresentação de um dos possíveis carrinhos a ser utilizado para o transporte de tubos (fonte: www.logismarket.ind.br).

Finalmente, a última proposta técnica diz respeito à tarefa de verificação e identificação de fugas no tubo. Esta tarefa caracteriza-se pela obrigatoriedade de levantamento e depósito dos tubos, na qual o operador tem que vencer a altura do tanque existente (64cm) durante a MM, tendo estes pesos que variam entre a capacidade máxima de armazenamento (verificação) ou metade desse valor (identificação). Desta forma, para impedir a ocorrência do levantamento e depósito dos tubos, surge a criação de uma base fixa ao nível do solo (onde o tubo será acomodado) que possui uma caixa móvel em altura suportada por uma base lateral (figura 15). Essa caixa é regulada em altura para que a válvula do tubo encaixe na borracha existente, que adere à superfície desta e funciona como meio de isolamento. No interior da caixa existem duas válvulas que permitem a entrada e saída de água através do ligamento de mangueiras, podendo esta ser ou não reutilizável. Prossegue-se com a introdução de água na caixa até que a válvula do tubo fique totalmente submersa, verificando posteriormente a existência ou não de fugas do gás. Finalizada esta operação, abre-se a válvula para retirar a água e reajusta-se a caixa de forma a soltá-la da válvula do tubo.

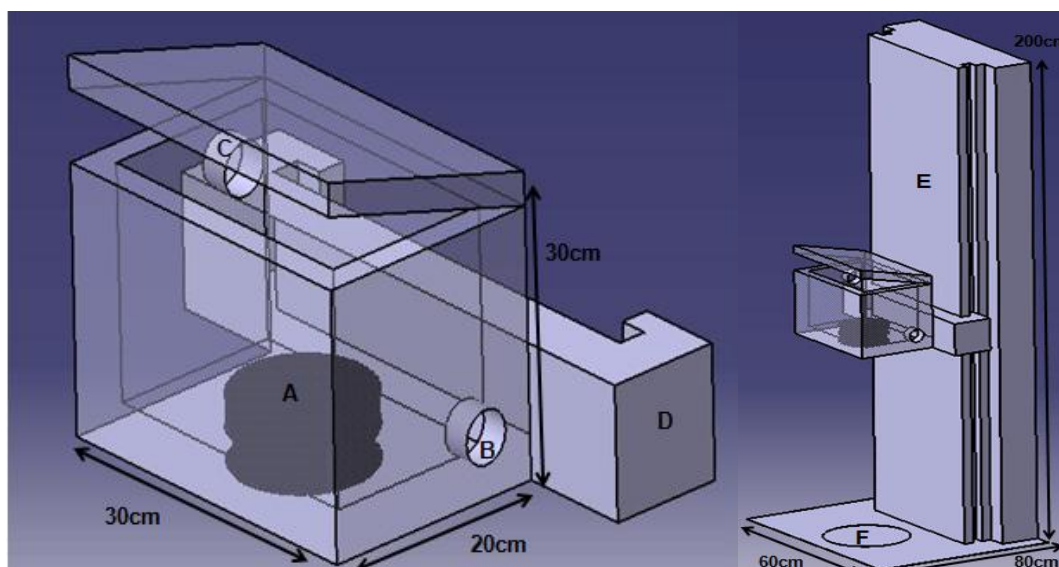


Figura 15: Demonstração do protótipo da caixa e das suas bases para a verificação e identificação de fugas do gás nos tubos (A- borracha; B- válvula de saída da água; C- válvula de entrada da água; D- suporte móvel da caixa; E- base lateral da caixa; F- base para o tubo).

Apesar de não ter sido apresentada qualquer tipo de recomendação técnica/processual para a zona 1 do Sector, seria importante a criação ou a montagem de um sistema que permitisse de forma rápida e precisa a localização da origem das fugas de amoníaco. Isto iria permitir uma economia da própria substância que é libertada e reduziria a exposição dos operadores à mesma.

VII - ACTIVIDADE COMPLEMENTAR

Entende-se como actividade complementar qualquer actividade desenvolvida paralelamente ao decurso do estudo mas de diferente natureza. Durante a realização deste estudo surgiu um convite, com a respectiva aceitação, para a elaboração de uma acção de formação sobre Ergonomia. O pilar SAS (Segurança, Ambiente e Saúde) do TPM da área das operações da empresa criou uma equipa de pessoas para serem alvo de uma acção de sensibilização em Ergonomia. A elaboração desta equipa teve como base num conjunto de necessidades identificadas previamente, sendo esta constituída no total por quatro elementos que pertencem à chefia de equipas num conjunto de sectores (Linha R;

Recuperação, Tratamento e enchimento de CO₂; Filtração; Movimentação de cargas). Pretende-se sensibilizar as pessoas para a identificação de riscos no trabalho e o seu papel na génese de medidas de prevenção que podem ser tomadas de forma imediata ou elaboradas/estudadas por outros profissionais. A acção de formação foi intitulada de “*Safety Experts - Ergonomia*” e teve uma duração máxima de três horas distribuídas em duas modalidades (duas horas na sala TPM e uma nos locais de trabalho) com a ocorrência em diferentes dias. O modelo do plano da sessão da formação está apresentado na tabela 15. Serão apresentados de seguida os vários objectivos referentes à formação: gerais, específicos e operacionais terminais.

Tabela 15: Apresentação do plano de sessão geral da acção de formação desenvolvida.

Objectivos Operacionais	Conteúdos Teóricos	Estratégias	Recursos Didácticos	Tempo (minutos)	Avaliação Controlo
-	Objectivos da sessão	Expositiva	Computador e projector	1	-
- No final da sessão os formandos deverão saber em que consiste e qual é a finalidade da Ergonomia. -No final da sessão cada formando deverá conseguir identificar os vários domínios de especialização da Ergonomia e o que cada um representa. - No final da sessão os formandos deverão conseguir identificar posturas próximas dos limites articulares. - No final da sessão os formandos deverão saber como se deve prosseguir com o transporte e MMC. - No final da sessão os operadores deverão saber identificar quais os factores de risco para a ocorrência de LMERT. - No final da sessão os formandos deverão compreender os efeitos do trabalho nocturno na saúde.	1) Definição do conceito de Ergonomia: Origem e Evolução; Objecto e Objectivo de estudo. 2) Domínios de Especialização da Ergonomia 2.1- Física: - Posturas de trabalho; - Transporte e MMC; - Equipamentos de Protecção (individual ou colectiva); - LMERT: Factores de Risco - Organização do posto de trabalho. 2.2- Cognitiva: - Carga Mental de Trabalho; - Tomadas de decisão; - Stress no Trabalho; - Fiabilidade Humana; - Formação. 2.3- Organizacional: - Cultura organizacional; - Horários de trabalho; - Trabalho em Equipa; - Comunicação em Equipa.	Expositiva e Demonstrativa	Computador e projector	45	-
Intervalo (15 minutos)					
- No final da sessão o formando deverá ser capaz de enunciar os vários elementos que constituem a Análise Ergonómica do Trabalho e importância desta análise. - Durante o desenrolar da formação os formandos deverão integrar os conteúdos leccionados anteriormente na Análise Ergonómica do Trabalho. - No final da sessão os formandos deverão ter um papel crítico da sua própria actividade profissional, visando a prevenção e protecção da sua saúde.	3) Prática da Ergonomia: - Distinção entre os conceitos de tarefa real e prescrita; - Definição de Actividade de Trabalho; - Análise Ergonómica: determinantes e efeitos para a empresa e operadores; - Regulação e Compromissos Operatórios. 4) O papel activo dos operadores para aspectos de prevenção e protecção da saúde	Expositiva	Computador e projector	45	-
No final da sessão os formandos deverão aplicar os conhecimentos adquiridos.	Fechamento da informação e finalização da sessão teórica;	-	Ficha teórica	15	Avaliação teórica individual
Nos postos de trabalho, os formandos deverão confrontar os conhecimentos adquiridos com as suas situações reais de trabalho.	Finalização da sessão prática e avaliação por parte dos formandos da formação dada.	-	Aplicação da Checklist Aplicação da ficha de avaliação da formação	60	Avaliação prática individual

Objectivos Gerais da Formação:

- Transmitir aos formandos conhecimentos básicos da Prática de Ergonomia, de modo a que estes consigam identificar e reportar problemas existentes nos seus contextos de trabalho.
- Capacitar os formandos a analisarem o seu próprio trabalho, no que se refere aos perigos existentes e aos comportamentos de risco assumidos, de forma a evidenciar o seu um papel na prevenção e protecção da sua saúde.

Objectivos Específicos da formação:

- Contextualizar a Análise Ergonómica do Trabalho.
- Transmitir princípios do domínio da Análise Ergonómica do Trabalho para consciencializar o operador do seu papel na transformação do trabalho.

Objectivos operacionais terminais:

- Efectuar a identificação de riscos nos contextos de trabalho para consciencializar a sua importância na prática de comportamentos seguros.
- Criar uma auto-reflexão por parte dos operadores sobre aspectos do seu trabalho e do conteúdo leccionado, de forma a enfatizar o seu papel na prevenção e protecção da sua saúde.
- Aplicar estratégias de transporte e mobilização manual de cargas face à localização e constituição das mesmas.

Esta formação não visa a certificação pelo que o processo de avaliação foi simples integrando somente duas componentes (teórica e prática). A avaliação teórica ocorreu no final da sessão teórica formativa com a aplicação de uma ficha com questões referentes ao conteúdo apresentado. Todos os conteúdos teóricos foram disponibilizados no final aos formandos. Por sua vez, a avaliação prática ocorreu nos locais de trabalho de cada formando, com a aplicação de uma *checklist* fornecida que incorpora os conteúdos transmitidos. Os formandos iriam inicialmente aplicar esse instrumento (noutro dia que não o da sessão teórica) de forma a averiguar situações que não estariam em conformidade e ficariam responsáveis pela evolução do mesmo, face a modificações existentes nos postos de trabalho. Após a fase inicial de aplicação da *checklist* foi necessário realizar algumas modificações neste instrumento, com a participação dos formandos de forma a permitir uma melhor compreensão por parte destes durante a sua aplicabilidade.

VIII - CONCLUSÃO

Com este estudo foi possível investigar uma situação concreta de trabalho cuja origem surgiu de um pedido pela própria empresa e que se caracteriza pela presença de elevadas exigências de natureza física durante o transporte e movimentação manual de cargas nas variadas tarefas que são praticadas pelos operadores do Sector de Recuperação, Tratamento e Enchimento de CO₂. Como metodologia base para este estudo, recorreu-se à análise Ergonómica, tendo sido definido como situações-alvo de análise as tarefas que decorrem na zona 2 do Sector em causa, onde foram estabelecidas um conjunto de questões que corresponderiam ao pré-diagnóstico. Com a aplicação de múltiplos instrumentos, associados aos registos obtidos das observações livres/sistemáticas e verbalizações decorridas durante todo o processo de interacção com os operadores durante as suas actividades ocupacionais, foi possível fundamentar/discutir as questões elaboradas anteriormente.

As principais conclusões resultantes da aplicação da equação de NIOSH são: todas as tarefas de levantamento e depósito bi-manual com controlo são indutoras de fadiga e possuem risco incrementado para a ocorrência de LMERT, com ênfase na decapagem dos tubos, na identificação de fugas nos tubos após o enchimento, na colocação de produto em paletes para armazenamento, na preparação de encomendas em paletes/contentores e na pintura da zona superior dos tubos que são as tarefas que possuem um risco elevado e que mais contribuem para esse incremento; os multiplicadores mais representativos na determinação do RWL foram a distância horizontal e a frequência. Em relação ao REBA, verificou-se que o tronco é o principal segmento corporal responsável pelo incremento dos scores finais obtidos, seguindo-se os membros superiores. Segundo este, as tarefas que se destacam pela existência de posturas que mais comprometem o sistema músculo-

esquelético, isto é, que apresentam maior risco de LMERT foram: a retirada de vasilhame das paletes; a colocação de produto em paletes para encomendas; a colocação de produto em contentores para encomendas ou armazenamento; a colocação de produto em paletes para armazenamento; a inversão dos tubos após a lavagem destes para as provas hidráulicas e, por fim, a carimbagem do símbolo do inspector após as provas hidráulicas. Por sua vez, a electromiografia de superfície permitiu concluir que as tarefas desenvolvidas pelos operadores se caracterizam pela exigência de baixos níveis de intensidade de força, mas de longa duração. Destacou-se a tarefa de finalização da pintura com transporte e MMC, onde é alcançado risco elevado para o músculo deltóide anterior quanto à carga estática e mediana. É ainda importante referir que a pintura dos tubos na zona superior detém valores mais próximos dos limites, relativamente ao risco médio de LMERT, para as cargas estáticas nos vários músculos analisados. Com a simulação das posturas registadas durante a aplicação dos métodos observacionais pelo HARSim, constatou-se que as tarefas em que os valores registados das forças axiais, de corte, momentos flectores e pressões intradiscas foram mais elevados, com os seus respectivos picos máximos, são as seguintes: transporte de cargas (produto e vasilhame) para locais de *stock*/armazenamento (com ênfase no produto); decapagem dos tubos; provas hidráulicas; pintura da zona superior; a colocação de produto em paletes, preparação de encomendas e em contentores, bem como a verificação e identificação de fugas nos tubos.

Confrontando os resultados obtidos com as questões que orientaram o diagnóstico, conclui-se que existe um incumprimento generalizado dos pesos limite recomendados em várias situações que exigem levantamento e depósito (bi-manual) de cargas nas diferentes tarefas presentes. Cada tarefa contribui de forma diferente para a exposição biomecânica associada ao transporte e MMC, sendo que essa contribuição depende exclusivamente da variação do incumprimento dos pesos limite recomendados, das estratégias assumidas, da exposição a outros factores de risco de natureza biomecânica (força, vibrações resultantes da aplicação de força, posturas) ou ambiental (temperatura), da sazonalidade de produção, da coordenação e distribuição das tarefas entre os operadores (repetitividade) e do tempo de recuperação existente entre a transferência de tarefas. As estratégias praticadas pelos operadores determinam significativamente a exposição biomecânica. Devido à presença de cargas com pesos elevados, o transporte e MMC, independentemente da estratégia utilizada (unilateral/bi-manual; simétrica/assimétrica; elevação/arrastamento), são detentores de valores elevados, o que não permite estabelecer, com exactidão, qual é a opção melhor em detrimento da outra. Entretanto, surgiram algumas estratégias que possuem efeitos positivos na exposição, nomeadamente, a utilização de suportes ao nível dos MI e o jogo que se estabelece entre o recurso aos MI para o levantamento das cargas, o posicionamento do tubo e a forma como decorre a pega. Embora não tenha sido analisado detalhadamente, devido à reduzida ocorrência, a estratégia de transporte e MMC em equipa permite com que a exposição resultante da manipulação de um determinado tubo (em especial os com carga superior a 35kg e com dimensões acima dos 100cm) seja distribuída de uma forma aproximadamente uniforme, onde o esforço físico produzido é minimizado comparativamente com o que seria obtido com a estratégia de transporte e MMC individual. Quanto às vibrações resultantes do processo de martelagem para a carimbagem nas provas hidráulicas, estas não ultrapassam os valores limite, tanto de acção como de exposição, embora seja necessária alguma precaução dado que estas ocorrem associadas a posturas com risco de LMERT e aplicação de força.

Como qualquer estudo, este apresenta algumas limitações, nomeadamente a utilização exclusiva de um modelo estático para simular as forças exercidas ao nível da coluna vertebral entre estratégias de transporte e MMC. Essa simulação não considerou o peso dos operadores enquanto variável pois isso implicaria a medição antropométrica destes, o que não foi possível por questões processuais e temporais. Apesar de não ter sido

integrado o peso corporal e a sua influência nas forças que surgem na coluna vertebral, é de esperar que indivíduos considerados obesos (IMC superior ou igual a 30kg/m²) possam vir a ter valores acrescidos aos que foram registados, sendo necessário determinar de que forma a obesidade se encontra dispersa ao nível do corpo (exemplo: mesomorfo, endomorfo ou ectomorfo). Caso se confirme esta relação, é então previsível que indivíduos obesos possam estar expostos a forças ao nível da coluna vertebral superiores aos indivíduos não obesos, tema este que seria interessante investigar. Para além desta limitação, o facto de esta simulação não considerar movimentos com velocidade não constante ou elevada nem os processos associados à fadiga, os valores obtidos podem não ser representativos das situações reais, uma vez que estes também dependem do estado de conservação da coluna vertebral do operador e do recrutamento motor, que também não foram considerados por impossibilidade processual e financeira. Ainda assim, os resultados podem ser usados para diferir quais as estratégias ou posturas que poderão apresentar valores de força mais agravados, tendo portanto um carácter de aproximação. As limitações por utilização de métodos observacionais foram de certa forma colmatadas com registos audiovisuais das tarefas, podendo surgir o debate sobre a precisão da postura em causa. Uma desvantagem ocorrida durante o estudo foi a impossibilidade de medição do ruído mas esta não constitui um factor determinante nos resultados pois foi preferível não considerar a última medição efectuada pela empresa, dado que houve e continuam a ser feitas modificações nas instalações e maquinaria que contribuem de forma directa ou indirecta para o ruído. Não foi possível ainda, por motivos de força maior, a medição da vibração durante as estratégias de arrastamento das cargas ou na manipulação das mangueiras de enchimento dos tubos, o que permitiria enriquecer os resultados obtidos relativamente a essa temática e às relações estabelecidas com a exposição biomecânica.

Já referido anteriormente, o trabalho nocturno não foi considerado como variável independente para este estudo devido à complexidade associada. Apesar desta limitação, é necessário mais investigação científica neste sentido, ou seja, nas relações que se podem estabelecer ou surgir entre os efeitos deste tipo de organização temporal do trabalho com os resultantes da exposição biomecânica ocupacional visando a génese e desenvolvimento das LMERT.

As propostas apresentadas relativamente à melhoria dos meios técnicos e processuais são meramente protótipos, podendo e devendo ser discutidos em equipa multidisciplinar de forma a maximizar a segurança e o bem-estar dos operadores bem como a eficácia dos sistemas produtivos. Caso estas sejam implementadas será necessário um *follow-up*, de forma a averiguar se os resultados foram efectivamente os pretendidos e, caso não o sejam, será necessário analisar os desvios e o que não foi considerado inicialmente. Após qualquer alteração é necessário dar conhecimento e formação aos operadores. Assim, é possível afirmar que o objectivo geral deste estudo foi alcançado, sendo ainda necessária alguma atenção porque os sistemas produtivos não são estanques e o que existe hoje poderá não existir amanhã. A metodologia aplicada também foi a mais adequada dentro do possível para a recolha de informação que viria a fundamentar e enriquecer a análise que decorreu com este estudo em campo.

IX - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abulrahman, A. S., (2004). *Biomechanics of lifting: an implication review*. The Saudi Journal of Sports Medicine, 2(7), 68-76.

- Ayoub, M. M., McDaniel, J. W., (1974). *Effects of operator stance on pushing and pulling tasks*. AIIE Transactions, 6(3), 185-195.
- Ayoub, M. M., Mital, A., (1989). *Manual material handling*. London: Taylor e Francis.
- Barroso, M. P., Arezes, P. M., Costa, L. G., Miguel, A. S., (2005). *Anthropometric study of Portuguese workers*. International Journal of Industrial Ergonomics, 35, 401-410.
- Bernad, B. (1997). *Musculoskeletal disorders and workplace factors - a critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity and low back*. U.S. Department of Health and Human Services - Public Health Service; Centers for Disease Control and Prevention; National Institute of Occupational Safety and Health.
- Brandão, M. F., (2003). *Abordagem metodológica de prevenção de lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho: análise integrada da exposição do membro superior na área de montagem final da indústria automóvel*. Tese de Doutoramento em Motricidade Humana. Universidade Técnica de Lisboa.
- Chaffin, D. B., Park, K. S., (1973). *A longitudinal study of low back pain as associated with occupational weight lifting factors*. American Industrial Hygiene Journal, 34, 513-525.
- Chaffin, D. B., (1997). *Development of computerized human static strength simulation model for job design*. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 7(4), 305-322.
- Ciriello, V. M., Snook, S. H., Hughes, G. J. (1993). *Further studies of psychophysically determined maximum acceptable weights and forces*. Human Factors, 35(1),175-186.
- Colim, A., (2009). *Tarefas de manipulação manual de cargas: selecção de métodos de avaliação de risco*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Humana, Universidade do Minho, pp.: 15-28.
- Cotrim, T., (2004). *Módulo de Ergonomia*. Curso de Técnico Superior de Higiene e Segurança no Trabalho.
- Davis, P. R., Troup, J. D. G., Bumhard, J. H., (1965). *Movements of the thoracic and lumbar spine when lifting: a chronocyclphotographic study*. Journal of Anatomy, 99(1), 13-26.
- *Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de Fevereiro, artigo 3.º - Valores limite e valores de acção de exposição, Diário da República - I Série, página 1532.*
- European Agency for Safety and Health at Work. *Perigos e riscos associados à movimentação manual de cargas no local de trabalho*. Acedido a 15 de Abril de 2012. Disponível em <http://osha.europa.eu/pt/publications/factsheets/73>.

- Fathallaah, F. A., Marras, W. S., Parnianpour, M., (1997). *The effect of complex dynamic lifting and lowering characteristics on trunk muscles recruitment*. Journal of Occupational Rehabilitation, 7(3), 121-138.
- Freivalds, A., Chaffin, D., Garg, A., Lee, K. S., (1984). A dynamic biomechanical evaluation of lifting maximum acceptable loads. Journal of Biomechanical, 17(4), 251-262.
- Frymoyer, J. W., Frymoyer, W. W., Wilder, D. G., Pope, M. H., (1979). *The mechanical and kinematic analysis of the lumbar spine in normal living human subjects in vivo*. Journal of Biomechanics, 12(2), 165-172.
- Gagnon, M., Smyth, G., (1992), *Biomechanical exploration on dynamic-modes of lifting*. Ergonomics, 35(3), 329-345.
- Gallagher, S., Marras, W. S., Bobick, T. G., (1988). *Lifting in stooped and kneeling postures: effects on lifting capacity, metabolic costs and electromyography of eight trunk muscles*. International Journal of Industrial Ergonomics, 3(1), 65-76.
- Green, T. P., Allevey, J. C., Adams, M. A., (1994). *Spondylolysis. Bending of the inferior articular processes of lumbar vertebrae during stimulated spinal movements*. Spine, 19(23), 2683-2691.
- Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Duraffourg, J. & Kerguelen, A., (1991). *Comprendre le travail pour le transformer. La pratique de l'ergonomie*. Paris : ANACT
- Hagberg, C., Silverstein, B., Wells, R., Smith, M. J., Hendrick, H., Carayon, P., Pérusse, M., (1995). *Work related musculoskeletal disorders (WMSDs): a reference book for prevention*. London: Taylor & Francis.
- Heineken International, (2010). Manual de segurança, ambiente e saúde - fábrica de vialonga. Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A., 1-44.
- Heran-Le Roy, O., Niedhammer, I., Sandret, N., Leclerc, A., (1999). *Manual materials handling and related occupational hazards: a national survey in France*. International Journal of Industrial Ergonomics, 24(4), 365-377.
- Hignett, S., McAtamney, L., (2000). *Rapid entire body assessment (REBA)*. Applied Ergonomics, 31, 201-205.
- International Ergonomics Association. *What is Ergonomics*. Acedido a 24 de Março de 2012. Disponível em <http://iea.cc>.
- Jaecheol, K., (2012). *Catia v5 design fundamentals, a step by step guide*. Republic of Korea, ONSIA.
- Johnson, S. L., Lewis, D. M., (1988). *Maximum load lifting capacity of males and females in teamwork*. Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting, Santa Monica, CA, Human Factors Society, pp. 651-653.
- Jonsson, B., (1982). Measurement and evaluation of local muscular strain in the shoulder during constrained work. Journal of Human Ergology, 11, 73-88.

- Karwowski, W., Mital, A., (1986). *Isometric and isokinetic testing of lifting strength of males in teamwork*. Ergonomics, 29(7), 869-878.
- Kee, D., Karwowski, W. (2007). A comparison of three observational techniques for assessing postural loads in industry. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 13(1), 3-14.
- Keyserling, W. M., (2000). *Workplace risk factors and occupational musculoskeletal disorders, part 1: a review of biomechanical and psychophysical research on risk factors associated with low-back pain*. American Industrial Hygiene Association, 61(1), 39-50.
- Kumar, S., (1980). *Physiological responses to weight lifting in different planes*. Ergonomics, 23(10), 987-993.
- Kumar, S., Davis, P. R., (1983). *Spinal loading in static and dynamic postures: EMG and intra-abdominal pressure study*. Ergonomics, 26(9), 913-922.
- Kumar, S., (1984). *The physiological cost of three different methods of lifting in sagittal and lateral planes*. Ergonomics, 27(4), 425-433.
- Kumar, S., (1991). *Arm lift strength in workspace*. Applied Ergonomics, 22(5), 317-328.
- Kumar, S., Garand, D., (1992). *Static and dynamic strength at different reach distances in symmetrical and asymmetrical planes*. Ergonomics, 35(5), 861-880.
- Kumar, S., (2001). *Theories of musculoskeletal injury causation*. Ergonomics, 44(1), 17-47.
- Lavender, S. A., et al., (1999). *Comparison of five methods used to determine low back disorder risk in a manufacturing environment*. Spine, 24(14), 1441-1448.
- Leboeuf-Yde, C., (2000). *Body weight and low back pain - a systematic literature review of 56 journal articles reporting on 65 epidemiologic studies*. Spine, 25, 226-237.
- Lee, K. S., Lee, J. H., (2001). *A study of efficiency of two-man lifting work*. International Journal of Industrial Ergonomics 28, 197-202.
- Lee, T. H., (2005). *Psychophysically determined asymmetrical lifting capabilities for different frequencies and containers*. Industrial Health, 43(2), 337-340.
- Marras, W. S., (1987). *Trunk motion during lifting: temporal relations among loading factors*. International Journal of Industrial Ergonomics, 1(3), 159-167.
- Marras, W. S., Granata, K. P., (1997a). *Spine loading during trunk lateral bending motions*. Journal of Biomechanical, 30(7), 697-703.
- Marras, W. S., Granata, K. P., (1997b). *Changes in trunk dynamics and spine loading during repeated trunk exertions*. Spine, 22, 2564-2570.

- Marras, W. S., et al., (1999). *The effectiveness of commonly used lifting assessment methods to identify industrial jobs associated with elevated risk of low-back disorders*. Ergonomics, 42(1), 229-245.
- Marras, W. S., Parakkat, J., Chany, A. M., Yang, G., Burr, D., Lavender, S. A., (2006). *Spine loading as a function of lift frequency, exposure duration, and work experience*. Clinical Biomechanics, 21, 345-352.
- Marras, W., Cutlip, R., Burt, S., Waters, T., (2009). *National occupational research agenda (NORA) future directions in occupational musculoskeletal disorder health research*. Applied Ergonomics, 40, 15-22.
- McGill, S. M., Norman, R. W., (1985). *Dynamically and statically determined low back moments during lifting*. Journal of Biomechanical, 18(12), 877-885.
- Mendes, O., (2002). *Estudo ergonómico em linhas de embalagem que envolvem manipulação manual de cargas*. Relatório de Estágio na Licenciatura de Ergonomia. Universidade Técnica de Lisboa.
- Mital, A., Kromodihardjo, S., (1986). *Kinetic analysis of manual lifting activities: Part II – Biomechanical analysis of the task variables*. International Journal of Industrial Ergonomics, 1(2), 91-101.
- Nachemson, A., Morris, J., (1963). *Lumbar discometry, lumbar intradiscal pressure measurements in vivo*. The Lancet, 281 (7291), 1140-1142.
- Nachemson, A. L.; Elfstrom, G., (1970). *Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs: a study of common movements, maneuvers and exercises*. Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine, Stockholm, 1, 1-40, Supplement.
- ODV Importadora e Distribuidora Ltda., *Vonder lança novos carrinhos para transporte de cargas*. Acedido a 28 de Dezembro de 2011. Disponível em: www.logismarket.ind.br.
- Parnianpour, M., Nordin, M., Kahanovitz, N., Frankel, V., (1988). *The triaxial coupling of torque generation of trunk muscles during isometric exertions and the effect of fatiguing isoinertial movements on the motor output and movement patterns*. Spine, 13, 982-992.
- PLUX, Wireless Biosignals S.A., (2011). *User manual ergoPLUX.1*, pp:1-65.
- Pope, M. H., Andersson, G. B. J., Frymoyer, J. W., Chaffin, D. B., (1991). *Occupational low back pain: assessment, treatment and prevention*. Mosby-Year Book, 3-17.
- Pope, M. H., Goh, K. L., Magnusson, M. L., (2002). *Spine ergonomics*. Annual Reviews Biomedical Engineering, 4, 49-68.
- Potvin, J. R., McGill, S. M., Norman, R. W., (1991). *Trunk muscle and lumbar ligament contributions to dynamic lifts with varying degrees of trunk flexion*. Spine, 16(9), 1099-1107.

- Rebelo, F., (2003). *HARSim (humanoid articulation reaction simulation) - an interactive computer model to evaluate muscle-skeletal problems*. Proceedings of the International Ergonomics Association and The 7th Joint Conference of Ergonomics Society of Korea, Japan Ergonomics Society "Ergonomics in the Digital Age", Seul, Coreia do Sul, 24 a 29 de Agosto.
- Rebelo, F., Silva, K. C., Karwowski, W., (2012). *A Whole body postural loading simulation and assessment model for workplace analysis and design*. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 18(4), 509-519.
- Rice, V. J., Sharp, M. A., Nindl, B. C., Randall, K. B., (1995). *Prediction of two-person team lifting capacity*. Proceedings of the Human Factors Society 39th Annual Meeting, Santa Monica, CA, Human Factors and Ergonomics Society, pp. 645-649.
- Russel, S. J., et al., (2007). *Comparing the results of five lifting analysis tools*. Applied Ergonomics, 38(1), 91-97.
- Serranheira, F., Lopes, F. & Uva, A., (2005). *Lesões músculo-esqueléticas e trabalho: uma associação muito frequente*. Saúde & Trabalho, pp.: 59-88.
- Serranheira, F., (2007). *Lesões músculo-esqueléticas ligadas ao trabalho: que métodos de avaliação do risco?*. Tese de Doutoramento na especialidade de Saúde Ocupacional. Escola Nacional de Saúde Pública, Lisboa, pp.: 33-130.
- Sesek, R., et al., (2003). *Evaluation and qualification of manual materials handling risk factors*. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 9(3), 271-287.
- Singh, D., Park, W., Levy, M. S., (2009). *Obesity does not reduce maximum acceptable weights of lift*. Applied Ergonomics, 40(1), 1-7.
- Snook, S. H., Ciriello, V. M., (1991). *The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces*. Ergonomics, 34(9), 1197-1213.
- Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A. (2011). *Balanço Social*. Gabinete de Estratégia e Planeamento. Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social.
- Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.. *Instalações, compromisso, estrutura orgânica*. Acedido a 12 de Dezembro de 2011. Disponível em <http://www.centralcervejasbebidas.pt>.
- Sparto, P. J., Parnianpour, M., Reinsel, T. E., Simon, S. R., (1997a). *The effect of fatigue on multi-joint kinematics and load sharing during a repetitive lifting test*. Spine, 22, 2647-2654.
- Takala, E., Viikari-Juntura, E., (1991). *Muscle force, endurance and neck-shoulder symptoms of sedentary workers: an experimental study on bank cashiers with and without symptoms*. International Journal of Industrial Ergonomics, 7(2), 123-132.
- Uva, A., Carnide, F., Serranheira, F., Miranda, L., Lopes, M., (2008). *Programa nacional contra doenças reumáticas - lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho - guia de orientação para prevenção*. Direcção Geral de Saúde.

- van der Beek, A. J., et al., (2005). *An evaluation of methods assessing the physical demands of manual lifting in scaffolding*. Applied Ergonomics, 36(2), 213-222.
- Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., Fine, L. J., (1993). *Revised NIOSH equation for the design and valuation of manual lifting tasks*. Ergonomics, 36(7), 749-776.
- Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., (1994). *Applications manual for the revised NIOSH lifting equation*. U.S. Department of Health and Human Services - Public Health Service; Centers for Disease Control and Prevention; National Institute of Occupational Safety and Health.
- Waters, T., et al., (1999). *Evaluation of the revised NIOSH lifting equation. A cross-sectional epidemiologic study*. Spine, 24(4), 386-394.
- World Health Organization, 1998. *Obesity: preventing and managing the global epidemic*. WHO Technical Report Series 894. World Health Organization, Geneva.
- Xu Xu, G. A. M., Hsiang, S. M., (2008). *The effects of obesity on lifting performance*. Applied Ergonomics, 39, 93-98.
- Yeung, S., Genaidy, A., Huston, R., Karwowski, W., (2002). *An expert cognitive approach to evaluate physical effort and injury risk in manual lifting - a brief report of a pilot study*. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 12, 227-234.

Anexo 1 - Consumos de Dióxido de Carbono nos vários sectores de fabrico da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.

Tabela 16: Apresentação do consumo total de CO₂ na SCC nos seus vários sectores e em diferentes meses referentes ao ano de 2009 até 2011 (adaptado do sistema informático SAP do sector de CO₂).

Consumo total de Dióxido de Carbono na SCC (Kg)													
2009													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Totais
Garrafas	49.102	58.449	66.458	65.959	79.354	89.258	124.355	84.734	69.261	67.814	51.687	53.980	860.411
Barris	51.342	65.409	71.106	65.603	83.393	124.439	146.780	120.223	95.470	90.345	55.864	53.980	1.023.954
Adegas	76.183	75.624	81.677	74.664	92.402	100.762	96.615	96.531	96.629	88.949	70.060	71.247	1.021.343
Filtração (Bruto ou Comprimido)	33.497	37.795	43.608	40.483	65.645	66.301	60.130	57.047	47.960	47.431	36.718	56.882	593.497
Filtração (Vaporizado)	76.914	92.227	112.960	102.857	129.126	145.267	172.614	133.375	111.028	97.256	77.483	77.616	1.328.723
Latas	87.677	81.204	66.579	76.913	96.989	75.671	111.691	77.146	70.924	75.750	55.436	57.827	933.807
Linha R	1.336	2.300	3.883	1.952	1.759	3.277	5.516	5.250	3.074	1.941	2.399	493	33.180
ETAR	0	0	0	35.390	0	0	0	0	0	0	0	0	35.390
Totais	376.051	413.008	446.271	463.821	548.668	604.975	717.701	574.306	494.346	469.486	349.647	372.025	5.830.305
2010													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Totais
Garrafas	72.741	66.647	93.278	72.908	97.266	79.701	79.689	85.815	92.607	54.040	42.734	60.713	898.139
Barris	54.887	56.176	66.838	85.743	112.667	129.296	128.794	142.453	106.134	57.808	59.952	60.540	1.061.288
Adegas	72.939	73.437	79.506	82.092	89.197	79.143	79.233	78.801	73.224	76.406	66.768	75.427	926.173
Filtração (Bruto ou Comprimido)	37.987	41.574	57.110	54.462	68.594	62.670	54.844	58.313	52.173	40.230	31.034	35.918	594.909
Filtração (Vaporizado)	90.721	77.633	85.819	83.279	83.265	83.320	85.675	83.318	83.350	88.916	80.406	83.169	1.008.871
Latas	75.820	87.217	115.814	55.095	83.474	93.150	93.665	94.960	91.093	73.229	59.050	63.169	985.736
Linha R	703	503	751	783	647	1.609	1.790	1.878	4.915	7.269	3.660	180	24.688
ETAR	0	0	0	508	1.965	1.796	2.167	3.047	2.496	4.175	5.809	2.394	24.357
Totais	405.798	403.187	499.116	434.870	537.075	530.685	525.857	548.585	505.992	402.073	349.413	381.510	5.524.161
2011													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Totais
Garrafas	58.752	73.052	117.881	71.563	81.184	88.108	75.207	89.381	60.140	40.235	38.677	43.049	837.229
Barris	39.669	58.062	82.375	82.606	115.868	117.444	127.603	134.242	84.419	72.005	50.990	52.672	1.017.955
Adegas	73.347	78.024	76.606	70.181	76.700	77.614	81.880	77.412	68.271	68.015	71.091	67.742	886.883
Filtração (Bruto ou Comprimido)	48.884	40.231	41.066	45.324	55.216	47.888	68.551	68.372	59.643	54.984	37.133	42.996	610.288
Filtração (Vaporizado)	88.658	77.602	85.893	83.170	87.300	82.060	86.049	86.115	83.306	83.131	82.832	84.305	1.010.421
Latas	53.540	66.717	57.630	32.746	42.340	39.920	37.888	38.776	28.991	43.386	30.841	29.051	501.826
Linha R	664	718	681	665	640	1.331	822	687	4.192	844	351	699	12.294
ETAR	1.558	1.634	1.475	1.175	1.996	2.041	2.157	1.960	1.281	1.292	866	933	18.368
Totais	365.072	396.040	463.607	387.430	461.244	456.406	480.157	496.945	390.243	363.892	312.781	321.447	4.895.264

Anexo 2 - Valores referentes à movimentação de produto e vasilhame

Tabela 17: Apresentação da quantidade de produto processado dos vários materiais comercializados pela SCC nos anos de 2009 a 2011, distinguindo os referentes quanto à entrada (contabilizados nas tarefas de enchimento) e saída (encomendas) (adaptado do sistema informático SAP do sector de CO₂).

Material	Unidade	2009		2010		2011		Totais
		Entradas	Saídas	Entradas	Saídas	Entradas	Saídas	
Garrafa 2,6kg CO ₂ (SCC)	Tubagem	0	0	133	126	222	193	674
Garrafa 6kg CO ₂	Tubagem	1.124	1.088	1.322	1.275	850	909	6.568
Garrafa 7kg CO ₂	Tubagem	4.236	4.234	4.993	4.948	4.395	4.424	27.230
Garrafa 8kg CO ₂	Tubagem	242	227	306	302	63	76	1.216
Garrafa 10kg CO ₂	Tubagem	28.633	28.544	36.960	36.897	41.262	41.065	213.361
Garrafa 20kg CO ₂	Tubagem	272	247	372	381	179	164	1.615
Totais		34.507	34.340	44.086	43.929	46.971	46.831	250.664

Tabela 18: Apresentação da quantidade de vasilhame processado dos vários tubos de diferentes capacidades e conteúdos nos anos de 2009 a 2011, distinguindo os referentes relativamente à origem (entradas) e destino (saídas, isto é enchimento e sucata) (adaptado do sistema informático SAP do sector de CO₂).

Material	Unidade	2009		2010		2011		Totais
		Entradas (Clientes e Interpostos)	Saídas (Produção e Sucata)	Entradas (Clientes e Interpostos)	Saídas (Produção e Sucata)	Entradas (Clientes e Interpostos)	Saídas (Produção e Sucata)	
Garrafa Gás GASIN (CO ₂ +N ₂)	Tubagem	529	550	931	908	572	597	4.087
Garrafa 10kg Gás GASIN (CO ₂)		262	268	65	64	111	112	882
Tubo Gás GASIN (CO ₂ +N ₂) (SCC)		688	630	229	291	453	425	2.716
Garrafa 12kg Gás GASIN		0	0	422	8	304	327	1.061
Garrafa 2,6kg CO ₂ (SCC)		346	175	301	280	215	205	1.522
Garrafa 6kg CO ₂		1.381	1.353	1.578	1.624	891	802	7.629
Garrafa 7kg CO ₂		6.536	6.158	6.551	6.376	4.303	4.079	34.003
Garrafa 8kg CO ₂		453	400	473	541	88	72	2.027
Garrafa 10kg CO ₂		57.247	59.370	50.437	46.673	39.610	41.714	295.051
Garrafa 20kg CO ₂		358	665	656	574	249	173	2.675
Totais			67.800	69.569	61.643	57.339	46.796	48.506

Anexo 3 - Questionário elaborado para guiar a entrevista

GUIÃO DE ENTREVISTA

O presente guião de entrevista irá contribuir para a caracterização da actividade profissional dos operadores do sector de CO₂.

Inserir-se no âmbito do Estágio Profissional do Mestrado em Ergonomia, leccionado pela Faculdade Motricidade Humana.

Todas as questões do guião deverão ser respondidas verbalmente pelos entrevistados, poderão ainda, surgir algumas questões referentes às respostas atribuídas pelos mesmos.

Os resultados obtidos são **anónimos** e **confidenciais!**

A- Questões de carácter pessoal:

1. Idade: _____

2. O seu agregado familiar possui menores de idade?

- a) Sim
- b) Não

3. Relativamente à sua saúde encontra-se:

- a) Saudável
- b) Problemas cardíacos
- c) Lesões músculo-esqueléticas

Qual(ais)? _____

d) Problemas respiratórios

Qual(ais)? _____

e) Doenças crónicas

Qual(ais)? _____

f) Pressão arterial alta ou baixa

4. Caso pratique alguma actividade para além da profissional, indique a natureza da mesma:

a) Actividades desportivas.

Qual(ais)? _____

b) Actividades ecológicas

c) Actividades de outra natureza profissional.

Qual(ais)? _____

d) Actividades de auxílio a outros

Qual(ais)? _____

5. Como se desloca para o seu trabalho?

a) Transporte disponibilizado pela empresa

b) Viatura própria

c) A pé

d) Boleia com colegas de equipa

6. Quais as suas habilitações académicas?

a) Licenciatura

b) 12º Ano de Escolaridade

c) 9º Ano de Escolaridade

d) 6º Ano de Escolaridade

e) 4º Ano de Escolaridade

f) Menos que o 4º Ano de Escolaridade

g) Não sabe ler nem escrever

7. A sua relação jurídica de emprego é?

a) Efectivo/permanente

b) Contrato de trabalho a termo certo

c) Contrato de trabalho a termo incerto

d) Prestação de serviços

e) Outra. Qual? _____

8. Qual a sua antiguidade na empresa? _____

9. Antes de ser contratado por esta empresa, trabalhou a onde?

B- Questões de Organização do Trabalho:

10. Considera os horários de trabalho apropriados?

- a) Sim
- b) Não. Porquê?

11. Qual dos turnos prefere trabalhar?

- a) 00h – 8h
 - b) 8h – 16h
 - c) 16h – 00h
- Porquê?

12. Como é feita a organização dos turnos e da equipa aos fins-de-semana?

13. Como considera a transmissão das informações necessárias para o seu trabalho na mudança de turno?

- a) São-me dadas todas as informações de que necessito para a continuidade do trabalho desenvolvido no turno anterior, através da chefia.
- b) Não-me são transmitidas qualquer tipo de informação.
- c) A informação é dada de forma incompleta.
- d) Consulto o SAP (sistema informativo) que me transmite alguma informação necessária, embora não seja completa.

14. Já frequentou algum tipo de formação disponibilizada pela empresa?

- a) Sim.

Qual(ais)? _____

- b) Não.

15. Como descreve a formação que lhe foi dada quando iniciou o seu trabalho no sector do CO₂?

C- Questões sobre a Actividade:

16. Caracterize o trabalho que faz diariamente.

Responda a cada uma das frases abaixo, atribuindo a seguinte escala:

TD – Totalmente em desacordo

ED – Em desacordo

SO – Sem opinião

DA – De acordo

TA – Totalmente em acordo

- a) O meu trabalho diário é muito desgastante fisicamente, porque implica muita força a exercer sobre os vários objectos de trabalho.
- b) Todas as tarefas que desempenho implicam movimentação manual de cargas.
- c) Há tarefas que implicam a adopção de posturas desconfortáveis.
- d) O ritmo de trabalho é intenso e repetitivo normalmente, mas com maior incidência nas épocas altas de produção.
- e) A existência de pausas é crucial no meu trabalho.
- f) Estou sujeito a muito *stress* diariamente.
- g) O trabalho de equipa é crucial no meu trabalho.
- h) O ambiente de trabalho é facilitado pela boa partilha de conhecimentos e de perícias.
- i) Ao final do turno sinto-me muito fatigado e com dores localizadas.

17. Das seguintes tarefas que realiza classifique-as relativamente ao esforço físico (EF) associado:

Tarefas	Muito Reduzido	Reduzido	Médio	Elevado	Muito Elevado
1-Enchimento dos tubos					
2.1-Provas hidráulicas (preparação dos tubos)					
2.2-Provas hidráulicas (lavagem dos tubos)					
2.3-Prova hidráulica					
2.4-Provas hidráulicas (carimbagem)					
3-Manutenção de equipamentos/máquinas					
4-Colocação do produto nas paletes (encomendas)					
5-Colocação de produto em contentores					
6-Colocação do produto nas paletes para armazenamento					
7-Pintura dos tubos					
8-Decapagem dos tubos					
9-Deslocação de tubos após o enchimento para locais de <i>stock</i>					
10-Deslocação do vasilhame para locais de <i>stock</i>					
11-Retirada do vasilhame das paletes					
12-Retirada do vasilhame dos contentores					
13-Reparação das válvulas dos tubos					
14-Verificação de fugas de gás nas válvulas					
15-Colocação dos autocolantes nos tubos					
16-Colocação dos selos de segurança nos tubos					
Outra. Qual?					

18. Das tarefas que realiza anteriormente referidas, identifique quais estão associadas a desconforto postural?

19. Quais dos seguintes factores presentes no seu ambiente de trabalho influenciam mais a sua actividade?

- a) Iluminação
 - b) Ruído
 - c) Vibrações
 - d) Condições atmosféricas (temperatura e humidade)
- Porquê?

20. Descreva um dia normal do seu trabalho:

21. As suas responsabilidades em termos de segurança no trabalho passam por:

- a) Usar os equipamentos de protecção individual
- b) Usar os equipamentos de protecção colectiva
- c) Utilizar correctamente os equipamentos de trabalho
- d) Trocas informações com os seus colegas sobre os factores de risco
- e) Informar a chefia da existência de alguma irregularidade
- f) Conservar e manter em bom estado os equipamentos de protecção individual que foram disponibilizados
- g) Respeitar a sinalização de segurança existente e as normas inerentes
- h) Nenhum dos pontos focados anteriormente
- i) Outros. Qual(ais)? _____

22. Dos equipamentos de protecção individual que se seguem, mencione qual(ais) usa diariamente:

- a) Luvas de protecção
- b) Capacete de segurança
- c) Botas de biqueira de aço e antiderrapantes
- d) Óculos de protecção (com ou sem viseira)
- e) Vestuário adequado
- f) Tampões, auriculares ou auscultadores
- g) Máscaras ou dispositivos filtrantes
- h) Cinto de segurança (trabalho em altura)
- i) Outro(s). Qual(ais)? _____

23. Considera que os equipamentos de protecção individual são adequados para a realização das várias tarefas?

- a) Sim
- b) Não

23.1 Em caso de não na resposta anterior, enuncie as razões que fundamentam a sua resposta, evidenciado o equipamento em causa.

24. Das seguintes opções seleccione as que caracterizam o sistema informático de trabalho (SAP)?

- a) Bloqueia muitas vezes.
- b) É demasiado lento.
- c) Consigo aceder à informação facilmente.
- d) Não consigo aceder facilmente à informação.
- d) As informações estão todas misturadas.
- e) É necessário muitos procedimentos para aceder à informação.
- f) É confuso.
- g) É simples e eficaz.

25. Que proposta(s) propõe para a melhoria das condições de trabalho?

D- Questões sobre Sinistralidade Laboral:

26. Já sofreu algum acidente desde que se encontra ao serviço da SCC no Sector de CO₂?

- a) Sim. Quantos? _____
b) Não

27. Qual(ais) a(s) zona afectada?

- | | |
|--------------|-----------------------|
| a) Cabeça | f) Coluna |
| b) Braço | g) Mão |
| c) Antebraço | h) Coxa |
| d) Perna | i) Tronco |
| e) Pé | j) Outro. Qual? _____ |

28. Qual(ais) o(s) tipo de lesão?

- | | |
|----------------|-----------------------|
| a) Hematoma | f) Luxação |
| b) Traumatismo | g) Queimadura |
| c) Fractura | h) Lombalgia |
| d) Dor | i) Ferida superficial |
| e) Entorse | j) Ferida profunda |

29. Em que local ocorreu o acidente?

- a) Zona 1: Recuperação do CO₂
b) Zona 2: Enchimento e manutenção dos tubos
c) Armazéns
d) Zona exterior

30. A que se deveu a origem do acidente?

- a) Quedas em altura
b) Quedas ao mesmo nível
c) Queda de materiais
d) Projecção de objectos resultantes da manipulação de materiais
e) Cortes
f) Posturas forçadas com acréscimo de força
g) Contacto bruto com objectos ou constituintes de equipamentos com forma pontiaguda
h) Contacto com constituintes de equipamentos que se encontram a elevadas temperaturas
i) Contacto com substâncias perigosas.
j) Outro. Qual? _____

Obrigado pela sua participação!

Anexo 4 - Plano de Observação

Tabela 19: Apresentação do plano de observação elaborado, onde foi registado várias informações resultantes das observações sistemáticas.

Tarefas	Número de tubos envolvidos por turno	Número de operações por tubo	Duração temporal das operações por tubo	Descrição das operações	Posturas extremas	Presença de vibrações	Estratégias de transporte e MMC	Deslocamentos	Materiais/Produtos	Observações
1- Inspeção visual do tubo										
1- Retirada de vasilhame das paletes										
1- Retirada de vasilhame dos contentores										
1- Colocação de vasilhame em paletes										
1- Acondicionamento do vasilhame (Transporte e MMC)										
2- Decapagem dos tubos (processo)										
2- Decapagem dos tubos (Transporte e MMC)										
3- Montagem e manutenção de acessórios no tubo (processo- tubos de alumínio)										
3- Montagem e manutenção de acessórios no tubo (processo- tubos de ferro)										
3- Montagem e manutenção de acessórios no tubo (Transporte e MMC)										
4- Provas hidráulicas (lavagem dos tubos)										
4- Provas hidráulicas (Inversão dos tubos)										
4- Provas hidráulicas (Teste)										
4- Provas hidráulicas (carimbagem do símbolo do inspector)										
4- Provas hidráulicas (carimbagem das datas)										
4- Provas hidráulicas (transporte e MMC)										
5- Pintura dos tubos (base)										
5- Pintura dos tubos (zona superior)										
5- Pintura dos tubos (zona intermédia)										
5- Pintura dos tubos (datas)										
5- Pintura dos tubos (Transporte e MMC)										
6- Colocação de autocolantes nos tubos										

Tabela 29 (continuação): Apresentação do plano de observação elaborado, onde foi registrado várias informações resultantes das observações sistemáticas.

Tarefas	Número de tubos envolvidos por turno	Número de operações por tubo	Duração temporal das operações por tubo	Descrição das operações	Posturas extremas	Presença de vibrações	Estratégias de transporte e MMC	Deslocamentos	Materiais/Produtos	Observações
7- Enchimento dos tubos (processo)										
7- Enchimento dos tubos (colocação dos selos de segurança)										
7- Enchimento (transporte e MMC)										
8- Colocação do produto nas paletes para armazenamento										
8- Colocação do produto em contentores para armazenamento										
8- Embalamento das paletes										
8- Transporte e MMC do produto para locais de <i>stock</i>										
9- Colocação do produto em contentores para encomendas										
9- Colocação do produto em paletes já formadas para encomendas										
9- Colocação do produto em paletes não formadas para encomendas										
9- Embalamento manual das paletes										
10- Identificação de fugas nos tubos										
10- Verificação de fugas nos tubos										
10- Transporte e MMC										

Anexo 5 - Apresentação de algumas das posturas e estratégias simuladas no HARSim das várias tarefas

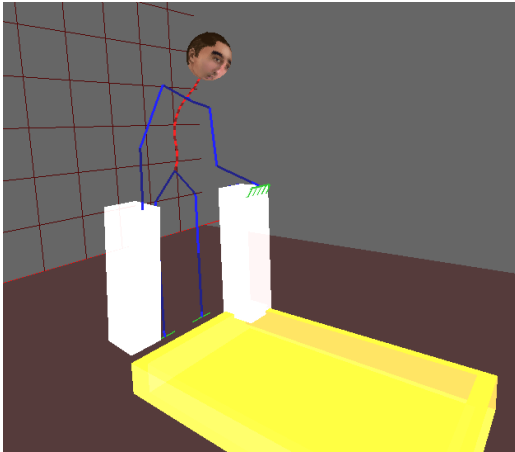


Figura 16: Simulação do levantamento unilateral de vasilhame/produto numa palete, existindo um suporte para o MS que não manuseia a carga.

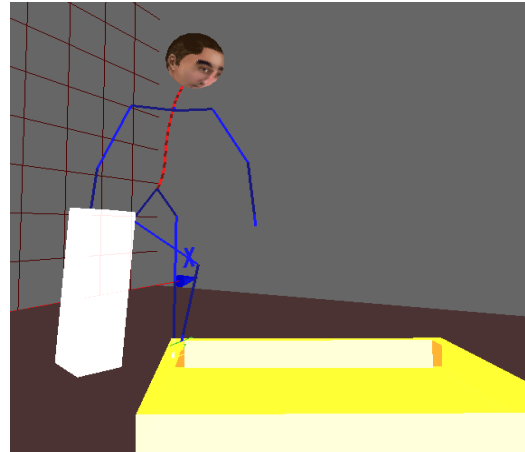


Figura 17: Simulação da depósito unilateral de vasilhame/produto numa palete, estando um pé em cima desta e outro ao nível do solo.

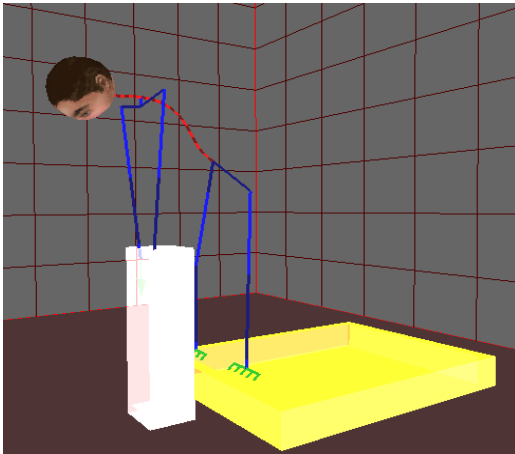


Figura 18: Simulação do levantamento bi-manual de vasilhame/produto, estando o operador em cima da palete

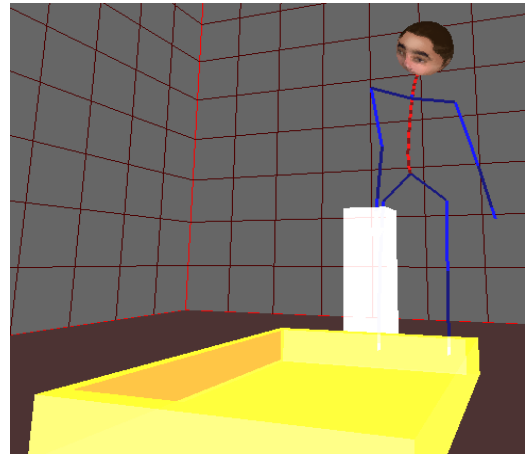


Figura 19: Simulação do levantamento unilateral de vasilhame/produto para depósito na palete

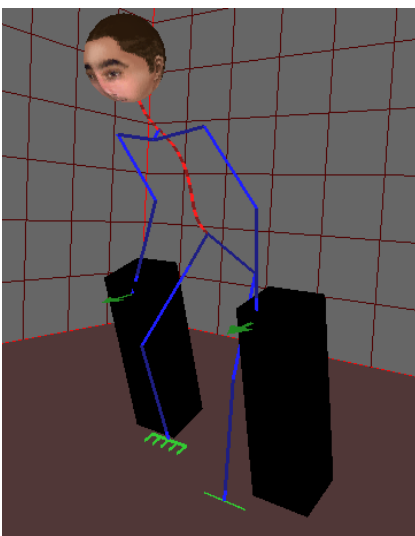


Figura 20: Simulação do transporte simétrico de vasilhame/produto por arrastamento.

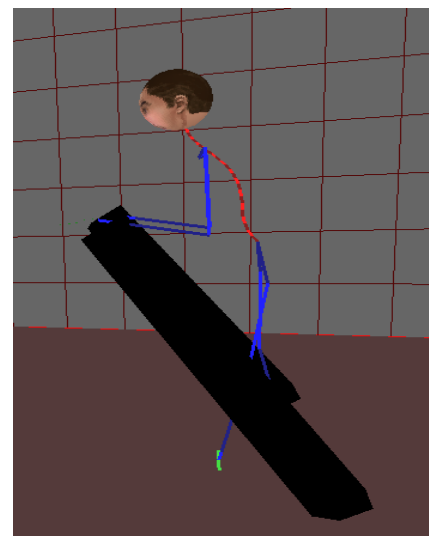


Figura 21: Simulação do transporte simétrico de vasilhame/produto por arrastamento (tubos de ferro-velho).

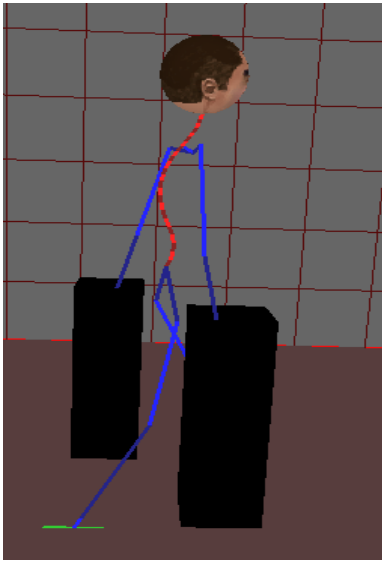


Figura 22: Simulação do transporte simétrico de vasilhame/produto por elevação total.

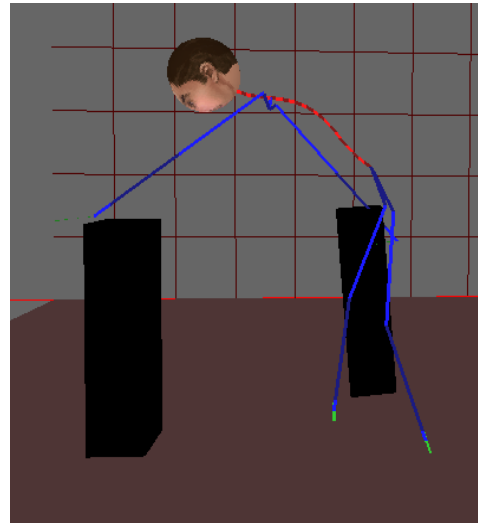


Figura 23: Simulação do transporte simétrico de vasilhame/produto por arrastamento, estando um tubo à frente do corpo e outro atrás.

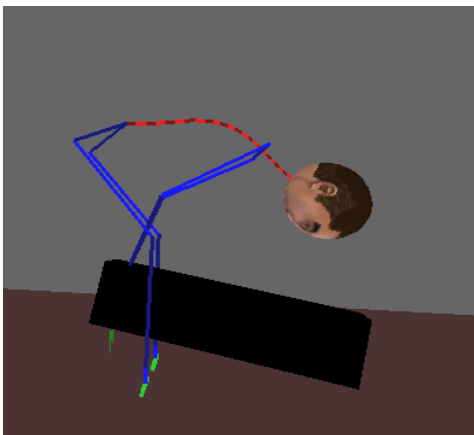


Figura 24: Simulação da inversão bi-manual do tubo após a limpeza interna com água, estando este posicionado sagitalmente ao corpo do operador.

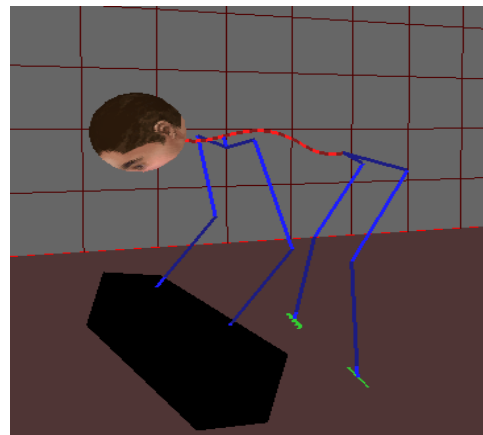


Figura 25: Simulação da inversão bi-manual do tubo após a limpeza interna com água, estando este posicionado frontalmente ao corpo do operador.

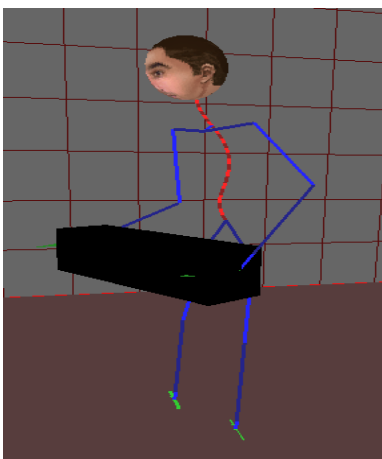


Figura 26: Simulação da movimentação bi-manual de um tubo para o depósito deste no tanque com água.

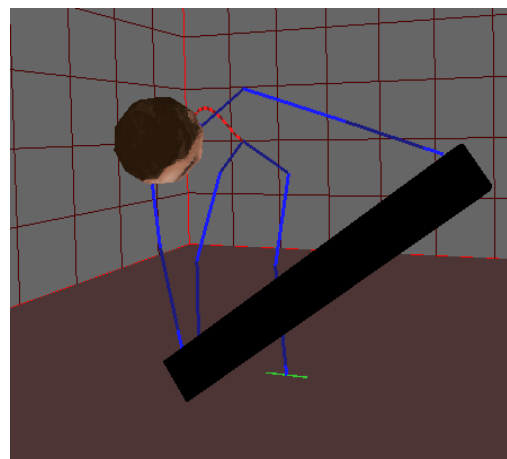


Figura 27: Simulação do levantamento bi-manual de um tubo de ferro-velho para depósito num contentor ou no tanque com água.

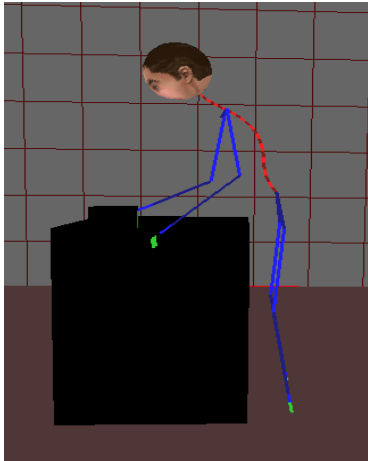


Figura 28: Simulação do levantamento unilateral de vasilhame do interior de um contentor (vermelho), existindo um apoio para o MS que não executa o movimento.

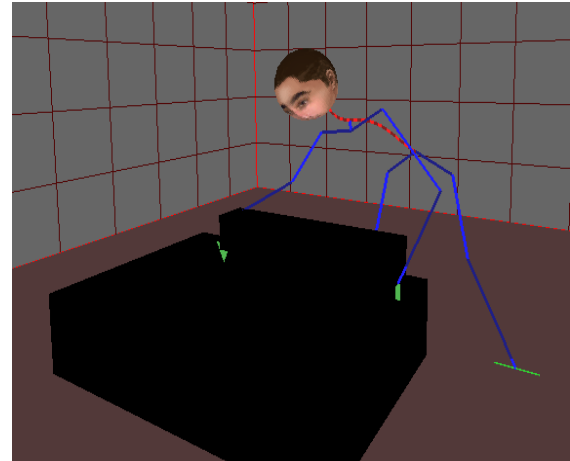


Figura 29: Simulação do depósito bi-manual de ferro-velho em paletes para encomendas.

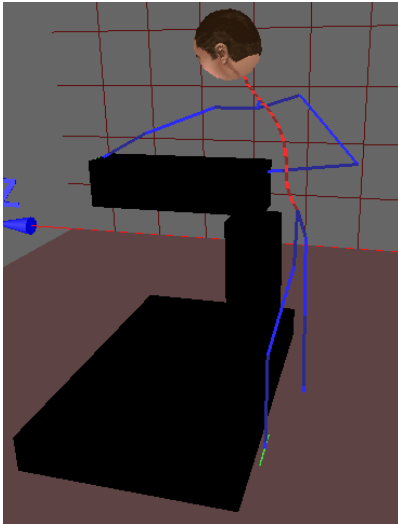


Figura 30: Simulação do depósito bi-manual de produto para encomendas, em cima de uma palete já formada.

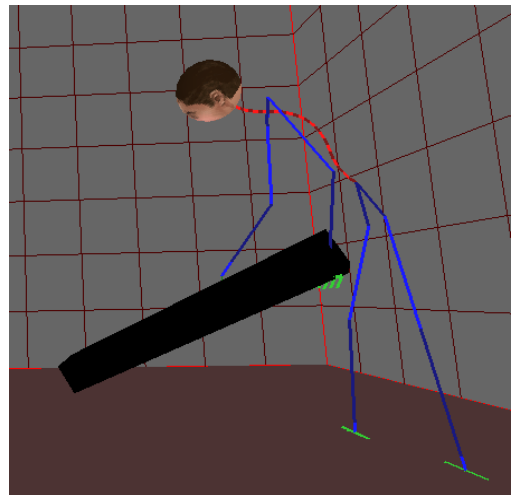


Figura 31: Simulação do levantamento bi-manual de ferro-velho, enquanto vasilhame, para a retirada deste da palete.

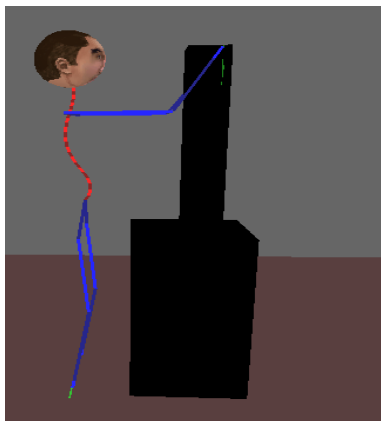


Figura 32: Simulação do levantamento bi-manual do tubo para retirada / colocação de vasilhame/produto do/no contentor (vermelho).

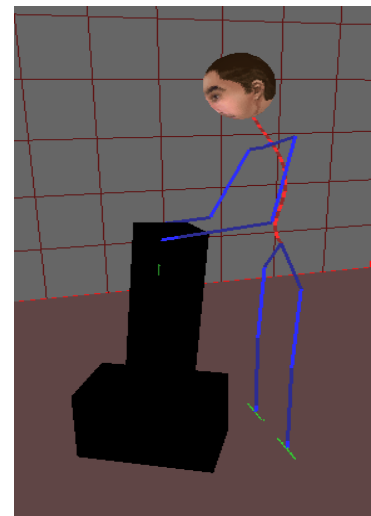


Figura 33: Simulação do depósito bi-manual do tubo no suporte para a sua pintura.