

Artigo REF: 14A008

ANÁLISE ERGONÓMICA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO ORIENTADOS AO PRODUTO: ESTUDO DE UM CASO INDUSTRIAL

Alexandre Cardoso^(*), Pedro Arezes, Anabela Alves e S. Carmo Silva

Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas

^(*)Email:cardosoalex@netcabo.pt

RESUMO

Neste artigo apresenta-se o trabalho realizado durante seis meses numa empresa de esquentadores Bosch Buderus Termotecnologia Portugal. O objectivo deste trabalho foi o estudo das condições ergonómicas da totalidade dos postos de trabalho do sistema de produção. Por haver necessidade de manipular cargas de peso elevado nos supermercados de materiais, estes foram alvo de análise tendo-se procurado estabelecer uma norma de utilização que obedecesse aos princípios básicos da ergonomia.

Relata-se a análise ergonómica efectuada, que inclui a utilização de uma *checklist* que contemplou todos os postos de trabalho. Através da elaboração de um questionário foi possível avaliar as linhas de montagem final, avaliando a ergonomia em diferentes configurações, nomeadamente numa linha de montagem de layout linear e numa célula de *layout U*.

1. INTRODUÇÃO

No processo de transição para as técnicas de produção japonesas, conhecidas pelo *Toyota Production System* (Monden, 1983), *Just-in-Time* e *Lean Manufacturing*, designadas pela Bosch Buderus Termotecnologia (BBT) como *Bosch Production System* (BPS), foi tomada a decisão de criar supermercados de materiais para a alimentação das secções de produção de componentes e de montagem final de esquentadores na empresa. Estas medidas visam adaptar o sistema de produção ao sistema *pull flow*.

Com este estudo, foi proposto melhorar as condições de trabalho dos operadores, optimizando a ergonomia dos postos de trabalho, tornando todo o processo de fabrico mais simples e fácil de ser monitorizado, desde a alimentação de material para as linhas e a entrega do produto acabado à logística.

A análise ergonómica dos postos de trabalho foi realizada através da *checklist* da Bosch e contemplou a totalidade dos postos de trabalho da unidade industrial de Aveiro. Baseado numa revisão da literatura existente, foi elaborado um questionário de forma a avaliar as linhas de montagem final, medindo alguns aspectos particulares da ergonomia em dois diferentes *layouts*, focando as diferenças entre o trabalho em equipa e o trabalho numa área exclusiva ao operador.

Este artigo está estruturado em 5 secções: nas secções 2 e 3 são descritas as análises ergonómicas do sistema de produção e dos supermercados de materiais; a secção 4 apresenta o questionário de avaliação ergonómica e os resultados da sua aplicação. A última secção apresenta algumas das conclusões que foram obtidas através da realização deste estudo.

2. ANÁLISE ERGONÓMICA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

Na realização deste projecto, todas as secções da fábrica foram analisadas e avaliadas, sob o ponto de vista da qualidade ergonómica dos postos de trabalho, excluindo a secção de painéis solares por estar em fase de arranque de produção na altura em que foi feita a avaliação. No total foram avaliados 515 postos de trabalho.

A recolha de dados foi feita através de uma *checklist*, ilustrada na Figura 1, previamente desenvolvida pela Bosch e que se divide em cinco grupos, contendo vinte e duas perguntas no total.

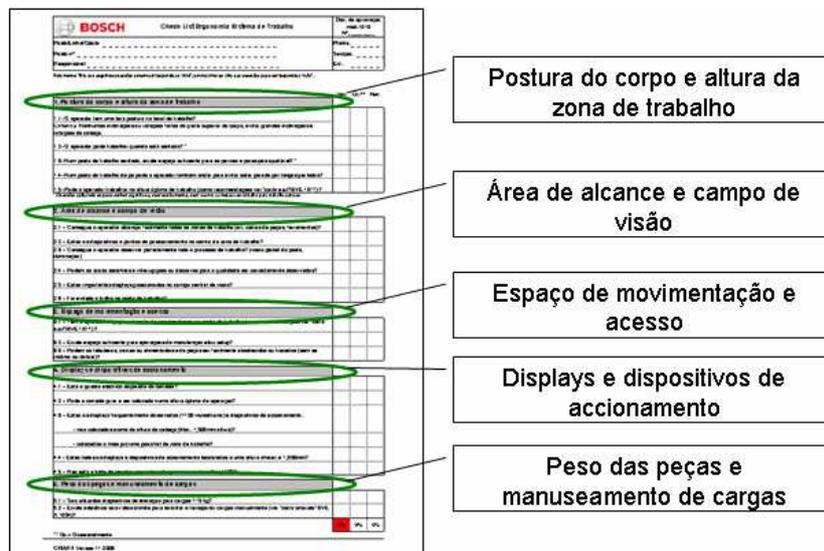


Figura 1. Checklist da Bosch

Para cada posto foi aplicada uma *checklist*. A *checklist* contém possibilidades de resposta que incluem as opções “sim”, “ocasionalmente” e “não”, em que a resposta “não” corresponde a uma não conformidade no posto. Três não conformidades detectadas num posto implicam que o posto de trabalho seja considerado “reprovado” a nível de qualidade ergonómica, como se pode constatar na Figura 2. Os postos reprovados tomam prioridade na lista de acções correctivas, de forma a corrigir as não conformidades.

idos (>100 vezes/turno) e dispositivos de accionamento:		x		
peça (Max. 1.500mm altura)?		x		
zona de trabalho?		x		
ccionamento localizados a uma altura inferior a 1,800mm?		x		
que o curso dos olhos (70°)?				x
le cargas				
ra cargas >15 kg?				x
vantar e transportar cargas manualmente (ver "carta amarela" BVE)				x
		86%	0%	14%

AvP/MFE3

3 não conformidades reprovam o posto

Figura 2. Não conformidades nos postos

Da aplicação desta metodologia foram detectadas 515 não conformidades no total, como se pode constatar na Tabela 1, e 59 postos de trabalho foram reprovados, o que corresponde a cerca de 12% dos postos da fábrica. Das não conformidades detectadas foram criadas OPL's (*Open point list*), que consistem em listas de acções correctivas a tomar relativas aos problemas levantados pela recolha de informação através das *checklists*.

Tabela 1. Postos analisados por checklist

Secções	Nº postos de trabalho	Planeado	Analisado	Em falta	% Analisada
S822	9	9	9	0	100%
S824	25	25	25	0	100%
S831	16	16	16	0	100%
S841	27	27	27	0	100%
S842	78	78	78	0	100%
S843	31	31	31	0	100%
S851	71	71	71	0	100%
S852	47	47	47	0	100%
S853	46	46	46	0	100%
S871-Prep	8	8	8	0	100%
S871-L1	24	24	24	0	100%
S871-L2	33	33	33	0	100%
S871-L5	32	32	32	0	100%
S871-L8	16	16	16	0	100%
S871-L6	36	36	36	0	100%
S881	16	16	16	0	100%
Total	515	515	515	0	100%

Do número de não conformidades por secção, destaca-se a secção S851, de automáticos de gás, como se pode ver na Figura 3.

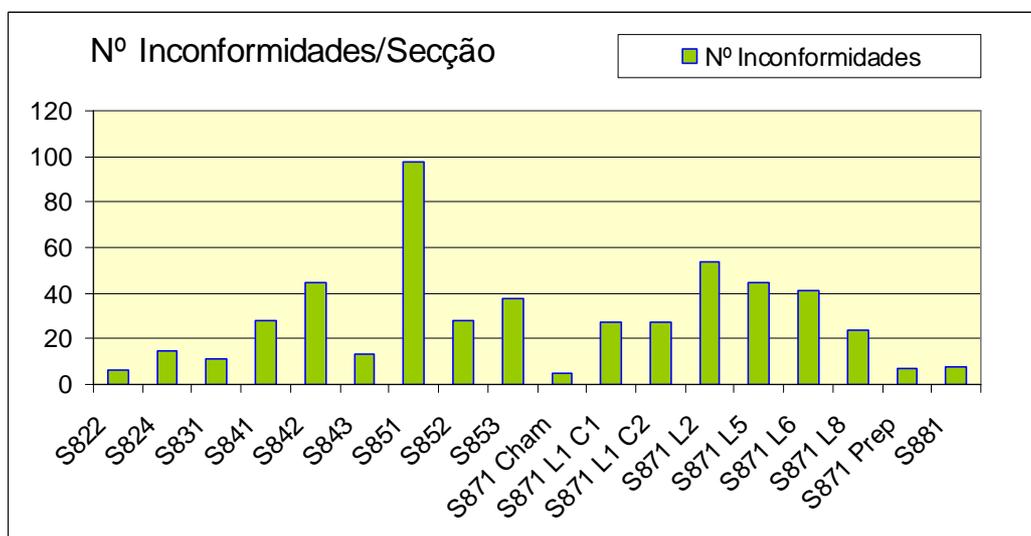


Figura 3. Número de inconformidades por secção

Verificou-se que o valor destacado apresentado nesta secção se deveu, em grande parte, a monitores colocados a uma altura elevada, obrigando os operadores a inclinar excessivamente o pescoço, rampas de abastecimento de material demasiado baixas para o peso que contém, alturas de trabalho excessivamente altas para o percentil mais baixo, ou seja, para a população com menor estatura, ferramentas que estorvam a saída de caixas de componentes das rampas de abastecimento e temperaturas demasiado elevadas para o conforto térmico dos trabalhadores.

3. ANÁLISE ERGONÓMICA DOS SUPERMERCADOS DE MATERIAIS

Os supermercados de materiais consistem num armário com prateleiras de entrada e saída de caixas de materiais, sendo a parte superior das prateleiras a entrada de caixas de materiais, e a parte inferior das prateleiras a saída de materiais. Estes são um elemento fundamental para a alimentação das linhas de montagem final. Por essa razão, ao analisar o sistema de produção, foi importante considerar a ergonomia na utilização dos supermercados, nomeadamente na remoção e inserção de caixas de componentes do supermercado, de modo a garantir a segurança e bem-estar do operador no cumprimento das suas tarefas.

Com esse objectivo, foi elaborada uma norma de utilização para todos os supermercados de componentes existentes na fábrica.

3.1. Níveis de altura do supermercado

Numa primeira fase do trabalho foram definidas as alturas que separam os níveis de distribuição de caixas com peso diferente no supermercado. Ou seja, estabelecer alturas que permitam dimensionar as prateleiras dos supermercados, respeitando certas noções de manipulação de cargas sugeridas pelos correctos princípios de actuação ergonómica.

As medidas utilizadas para definir os níveis de altura para colocação de caixas conforme o peso no supermercado correspondem às dimensões antropométricas da população portuguesa, nomeadamente a altura em relação ao solo, para o percentil 50 da população portuguesa, representadas na Figura 4. O percentil 50 corresponde à altura média da população.

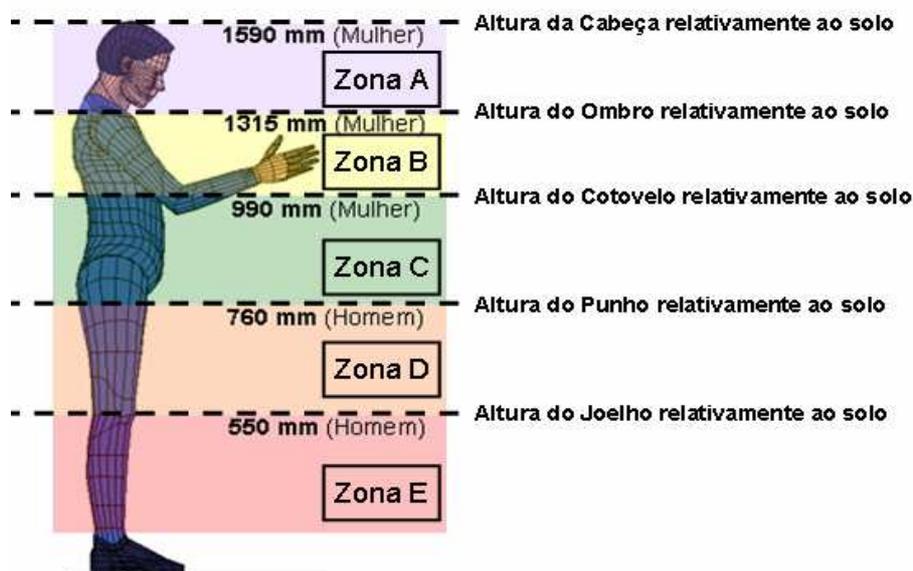


Figura 4. Altura dos níveis do supermercado

Para ser considerada uma norma capaz de abranger toda a população que trabalha na empresa, foram utilizadas as medidas de ambos os sexos, estabelecendo as seguintes limitações:

- Nas linhas que delimitam as zonas A, B e a parte superior da zona C, foram consideradas as dimensões do corpo feminino, nomeadamente a altura da cabeça, ombro e cotovelo, por serem de estatura menor do que as do sexo oposto.
- As linhas que delimitam a parte inferior da zona C, a zona D e E correspondem à parte inferior do corpo do sexo masculino por serem de dimensão superior ao sexo oposto.

- A referência utilizada para retirar estas dimensões foi a Tabela de Dados Antropométricos da População Portuguesa UMINHO (Arezes et al., 2005), ver Tabela 2.

Tabela 2. Dimensões antropométricas da população portuguesa

Tabela de Dados Antropométricos da População Portuguesa – UMINHO

Dimensão antropométrica	População masculina				População feminina			
	5	50	95	dp	5	50	95	dp
1. Altura de pé	1565	1690	1815	76	1456	1565	1674	66
2. Altura dos olhos (rel. ao solo)	1463	1585	1707	74	1355	1465	1575	67
3. Altura do ombro (rel. ao solo)	1277	1395	1513	72	1181	1290	1399	66
4. Altura do cotovelo (rel. ao solo)	966	1050	1134	51	889	965	1041	46
5. Altura do punho (rel. ao solo)	664	735	806	43	619	685	751	40
6. Altura sentado (rel. ao assento)	818	920	1022	62	799	865	931	40
7. Distância olhos-assento	716	810	904	57	696	760	824	39
8. Distância ombro-assento	576	630	684	33	496	590	684	57
9. Distância cotovelo-assento	206	255	304	30	191	250	309	36
10. Espessura da coxa	134	180	226	28	124	165	206	25
11. Comprimento máximo da coxa	518	590	662	44	517	570	623	32
12. Distância coxa-poplíteo	419	485	551	40	421	470	519	30
13. Altura do joelho (rel. ao solo)	459	525	591	40	434	480	526	28
14. Altura do poplíteo (rel. ao solo)	347	400	453	32	327	365	403	23
15. Largura dos ombros (bideltóide)	426	475	524	30	379	445	511	40
16. Largura dos ombros (biacromial)	299	335	371	22	251	300	349	30
17. Largura das ancas	341	380	419	24	342	400	458	35
18. Espessura do peito (busto)	221	265	309	27	226	275	324	30
19. Espessura abdominal	204	260	316	34	201	260	319	36
20. Distância cotovelo-punho	320	350	380	18	292	320	348	17
21. Alcance funcional vertical (de pé)	1875	2030	2185	94	1719	1850	2001	86
22. Alcance funcional vertical (sentado)	1117	1250	1383	81	1071	1165	1259	57
23. Alcance funcional anterior	628	730	832	62	621	675	729	33
24. Altura lombar (rel. ao assento)	166	215	264	30	174	220	266	28
25. Peso (Kg)	57	75	93	11	49	65	81	10

Note-se que à altura retirada da tabela deve-se somar 25 mm, para considerar a altura da adicional do calçado utilizado pelos trabalhadores.

A percentagem de população satisfeita com este dimensionamento, ou seja, cujas dimensões do corpo não ultrapassam os limites estabelecidos pela norma, é de 71,65 %.

A Figura 5 mostra, por exemplo, que 50 % da população feminina tem uma altura igual ou superior a 1590 mm, e que 95 % da população masculina tem uma altura igual ou superior ao estabelecido. Estas são as percentagens de população satisfeita com o dimensionamento feito. Calculando a média aritmética para cada parte do corpo considerada, obtém-se o resultado final.

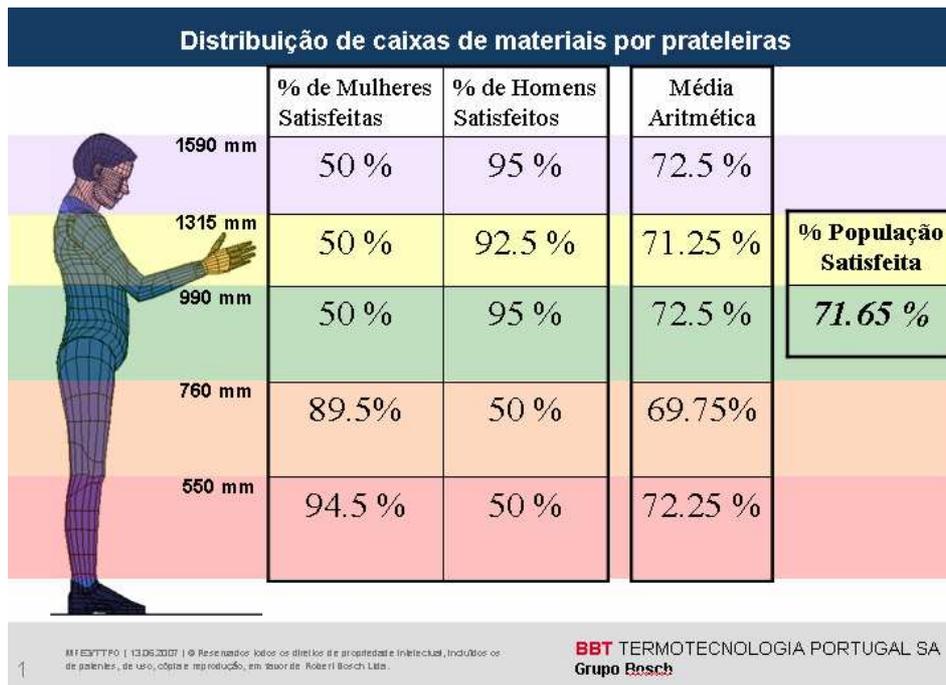


Figura 5. Percentagem da população satisfeita com o dimensionamento

3.2. Frequência de utilização dos supermercados

Para diferentes intensidades de uso dos supermercados, foram definidas duas frequências de uso, a pouco frequente e a moderada, como se vê na Figura 6. A criação de normas para frequências de uso diferente serve para não limitar em demasia o peso máximo das caixas nos supermercados que tenham um uso reduzido.

Uso Pouco Frequente	Uso Moderado
<p>< 2 Horas/dia e < 60 levantamentos/hora</p> <p>Ou</p> <p>> 2 Horas/dia e < 12 levantamentos/hora</p>	<p>< 2 Horas/dia e + de 60 levantamentos/hora</p> <p>Ou</p> <p>> 2 Horas/dia e 12 - 30 levantamentos/hora</p>

Figura 6. Frequência de uso dos supermercados

Para a definição dos valores limite para os pesos, utilizou-se uma tabela adaptada da ACGIH – “The American Conference of Governmental Industrial Hygienists”, Tabela 3.

Tabela 3. Limites de peso conforme a ACGIH

Limites de Peso conforme ACGIH

Os limites de peso da ACGIH são divididos em 3 tabelas.

Escolha abaixo a tabela que se aplica à actividade a ser verificada:

Levantamento por hora	Duração da tarefa por dia	
	≤ 2 horas	> 2 horas
≤ 60	Tabela 1	
≤ 12		Tabela 1
> 12 ≤ 30		Tabela 2
> 60 ≤ 360	Tabela 2	
> 30 ≤ 360		Tabela 3



3.3. Peso máximo recomendado por nível de altura

Para cada intensidade de uso do supermercado, foram retirados valores da tabela ACGIH, e, de forma a confirmar a implementação correcta da limitação de peso por elevação de caixas, foi utilizada a equação NIOSH'91 – “Equação de cálculo de transferência de cargas em postura de pé”, em que NIOSH significa *National Institute of Occupational Safety and Health (USA)*.

Os valores obtidos para o uso pouco frequente são:

- Zona A: 4 kg
- Zona B: 8 kg
- Zona C: 15 kg
- Zona D: 9 kg
- Zona E: 3kg

Os valores obtidos para o uso moderado são:

- Zona A: 3 kg
- Zona B: 6 kg
- Zona C: 15 kg
- Zona D: 7 kg
- Zona E: 3kg

3.4. Equação NIOSH'91

A equação NIOSH'91 consiste na multiplicação de uma constante de carga por multiplicadores de natureza horizontal, vertical, de distância, de assimetria, e de frequência (Waters & Putz-Anderson & Garg, 1994).

Um exemplo de aplicação da equação NIOSH' 91 para o supermercado S822 (Zona D):

$$L=40 \Leftrightarrow H=20+(40/2)=40 \Leftrightarrow MH=25/40=0.625$$

$$V=50 \Leftrightarrow MV=1-(0.003)*|50-75|=0.925$$

$$D=16.5 \Leftrightarrow MD=0.82+(4.5/16.5)=1.0927$$

$$A=90^\circ \Leftrightarrow MA=0.712$$

$$\text{Freq}=0.25 \text{ elev/min para 2 horas trabalho} \Leftrightarrow MF=0.92$$

$$PLR = 23*0.625*0.925*1.0927*0.712*0.92 \Leftrightarrow PLR= 9 \text{ kg}$$

A tabela ACGIH recomenda 10 kg para esta zona, mas a equação NIOSH' 91 recomenda 9 kg. Logo o peso limite recomendado para a zona D, na frequência pouco frequente, é de 9 kg.

3.5. Equação de manipulação de cargas em pé

A equação de determinação dos limites recomendados para manipulação de cargas manualmente e em pé utilizada na Bosch, também conhecida por tabela amarela, não é indicada para o cálculo de limite de peso para estas situações por não contemplar o facto de o operador efectuar outro tipo de actividades que provoquem a exaustão durante o período de actividade. Para o exemplo indicado anteriormente, a tabela amarela (ver Figura 7) devolve o valor máximo de peso de 19 kg, o que é claramente exagerado.

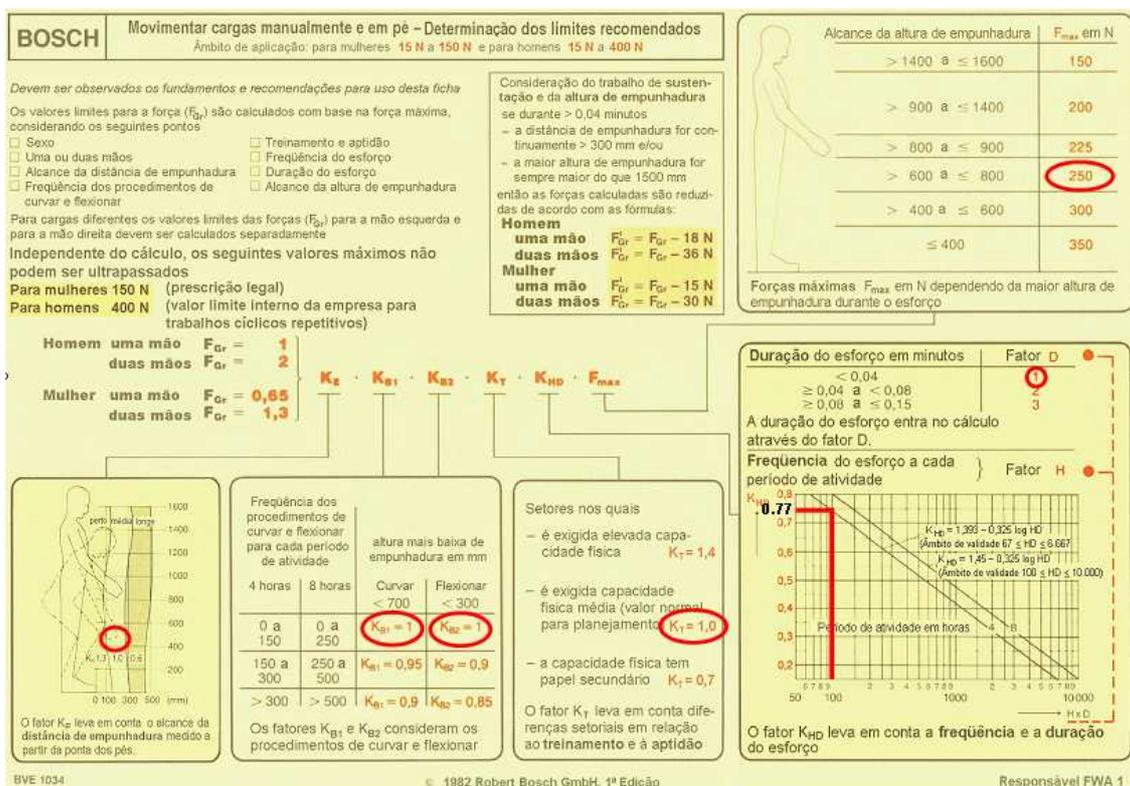


Figura 7. Tabela amarela Bosch para a zona D

No entanto, o peso máximo que uma caixa pode ter obedece a esta norma, que estipula que uma mulher só deve manipular caixas com o peso máximo de 15 kg.

À imagem da equação NIOSH'91, esta tabela consiste numa equação, onde são multiplicados vários factores, entre os quais a distância da pega da caixa ao corpo, a frequência de inclinação do operador, a sua habilidade física, a duração do esforço, a frequência do esforço em cada período de actividade e a altura de manipulação dos pesos.

3.6. Rampas de entrada e saída colocadas em níveis diferentes

As zonas de altura estabelecidas correspondem à altura que se encontra a pega da caixa e não à altura da prateleira do supermercado. No caso das pegas de uma caixa inserida numa rampa se encontrarem em zonas de altura diferentes na entrada e na saída, deve estabelecer-se a que zona pertence essa prateleira, ver Figura 8.

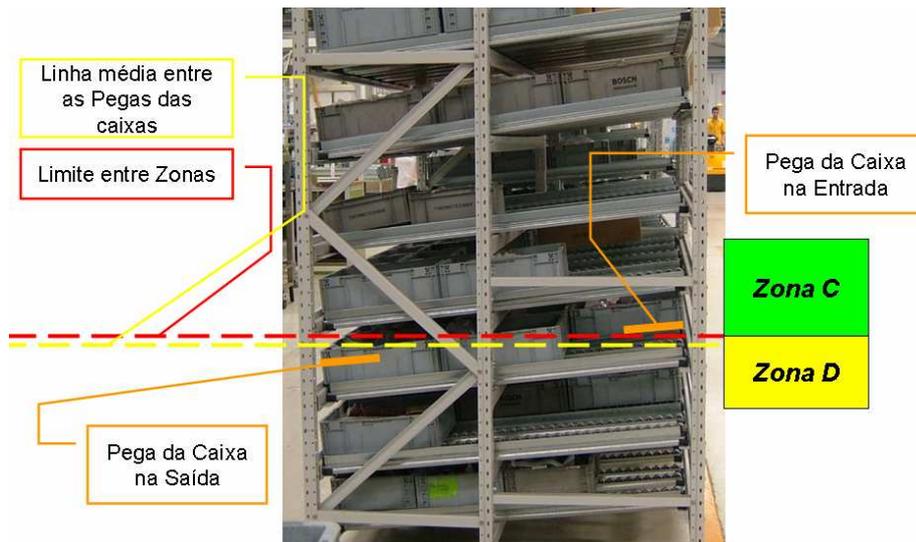


Figura 8. Rampas de entrada e saída em níveis diferentes de altura

3.7. Norma de utilização dos supermercados

Este procedimento tem como objectivo estabelecer limites de peso e de altura de colocação das caixas de materiais nos supermercados. Assim sendo, a norma é uma medida que visa balancear a relação entre a ergonomia e o espaço fabril ocupado pelos supermercados na fábrica. A norma pode ser vista na Figura 9.



Figura 9. Norma para a utilização de supermercados de materiais

4. QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO ERGONÓMICA

Com o intuito de avaliar e comparar linhas de montagem final de esquentadores, com diferentes configurações de produção, nomeadamente células de *layout* U (células C1 e C2) com movimentações e trabalho em equipa e uma linha de produção (L2) com postos fixos de

trabalho foi elaborado um questionário. Este contém um número total de 22 perguntas concebidas através da revisão de questionários existentes na literatura.

O questionário contém perguntas referentes a quatro temas centrais da ergonomia, nomeadamente: Antropometria e biomecânica, movimentos e esforços, meio ambiente, informação e controlo. O questionário é dirigido aos operadores que tenham trabalhado na célula e na linha.

As respostas ao questionário são dadas de duas formas. É dada uma resposta directa à pergunta, manifestando agrado ou desagrado em relação às condições que a pergunta diz respeito, e uma resposta comparativa entre a célula e a linha.

Do âmbito da antropometria e biomecânica foram colocadas as seguintes perguntas:

- Existe rotatividade entre os postos de trabalho?
- As ferramentas estão colocadas no local correcto?
- No trabalho em equipa, as movimentações na célula são fáceis?
- As movimentações na célula ajudam a tornar o seu trabalho mais confortável?
- Os botões de accionamento e *displays* estão colocados no local mais adequado?
- Tem espaço de manobra suficiente para efectuar o trabalho?
- Efectua alguma postura incómoda para efectuar o trabalho?
- O trabalho é incómodo ou demasiado repetitivo?
- Do âmbito dos movimentos e esforços foram colocadas as seguintes perguntas:
- Precisa de recorrer ao uso de força excessiva para efectuar o trabalho?
- Precisa de recorrer ao uso de força excessiva para manter o controlo da ferramenta?
- É a ferramenta de trabalho escorregadia ou difícil de agarrar?
- São as luvas de trabalho demasiado espessas para o trabalho em questão?
- Chega ao fim do trabalho exausto?
- É o esforço físico do trabalho demasiado exigente?

Todas as perguntas deste capítulo têm uma conotação negativa.

Do âmbito do ambiente foram colocadas as seguintes perguntas:

- Existe demasiado ruído no posto?
- O solo apresenta fendas ou descontinuidades?
- As roupas de trabalho são inadequadas para o trabalho?
- O posto de trabalho é limpo, e apresenta aspecto disso?
- Todas as perguntas deste capítulo, com excepção à última, têm uma conotação negativa.
- Do âmbito dos movimentos e esforços foram colocadas as seguintes perguntas:
- Precisa de recorrer ao uso de força excessiva para efectuar o trabalho?
- Precisa de recorrer ao uso de força excessiva para manter o controlo da ferramenta?
- É a ferramenta de trabalho escorregadia ou difícil de agarrar?
- São as luvas de trabalho demasiado espessas para o trabalho em questão?
- Chega ao fim do trabalho exausto?
- É o esforço físico do trabalho demasiado exigente?

Todas as perguntas deste capítulo têm uma conotação negativa.

Do âmbito da informação e controlo foram colocadas as seguintes perguntas:

- A mudança de produto implica mudanças complexas na sequência de operações?
- É a tarefa de trabalho difícil de realizar?
- Tem de recorrer a esforços de memorizar, procurar ou decidir sobre acções a tomar?

- É o ritmo de trabalho demasiado elevado, sente pressão para efectuar o trabalho?
- São as regras de montagem simples de memorizar?

Todas as perguntas deste capítulo, com excepção à última, têm uma conotação negativa. Do universo de 72 pessoas que operam nas células C1 e C2 (cada turno conta com 12 pessoas por célula, num total de 3 turnos), foram preenchidos 30 questionários, obtendo portanto uma amostra significativa para os resultados expressos. Na Tabela 4 **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, pode-se constatar o número de respostas dadas a cada pergunta.

Tabela 4. Respostas ao questionário

	Célula 1 e 2			Transição da Linha para Célula		
	Sempre	Às vezes	Nunca	Melhor	Igual	Pior
Pergunta 1	6	16	5	7	12	4
Pergunta 2	1	5	20	12	10	1
Pergunta 3	5	16	7	1	18	2
Pergunta 4	16	13	0	9	12	1
Pergunta 5	8	17	3	6	10	3
Pergunta 6	3	17	8	6	11	5
Pergunta 7	15	12	0	11	9	2
Pergunta 8	14	14	1	16	6	0
Pergunta 8b)	8	16	3	14	7	1
Pergunta 9	19	7	2	11	11	1
Pergunta 10	14	12	2	13	8	1
Pergunta 11	5	17	8	5	13	2
Pergunta 12	1	13	14	5	14	2
Pergunta 13	0	8	22	3	18	0
Pergunta 14	2	6	20	3	19	0
Pergunta 15	16	12	1	1	15	5
Pergunta 16	8	15	6	0	17	4
Pergunta 17	3	19	5	5	14	3
Pergunta 18	0	19	9	5	16	2
Pergunta 19	17	9	2	7	16	0
Pergunta 20	4	14	11	1	21	0
Pergunta 21	7	20	2	1	16	5
Pergunta 22	6	12	7	4	11	6

Na Figura 10 pode-se verificar a percentagem de respostas dadas para cada pergunta.

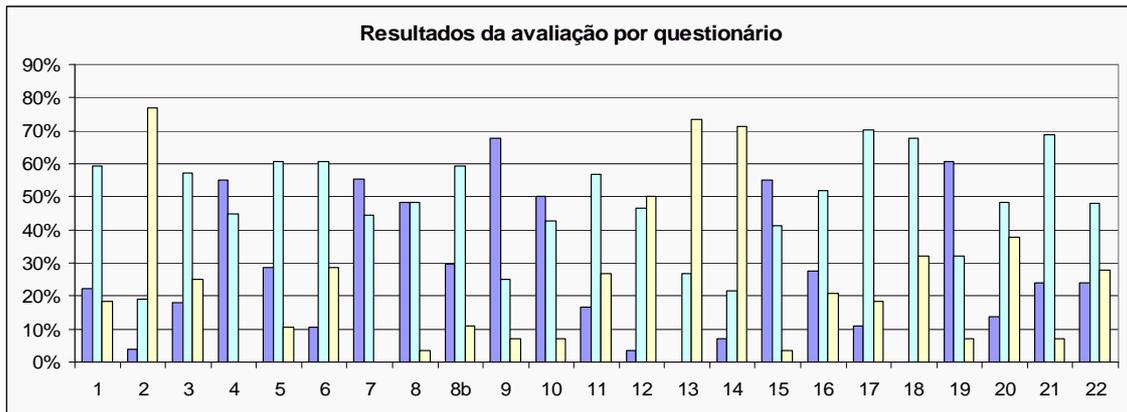


Figura 10. Resultados da avaliação por questionário

Da análise percentual das respostas dadas pelos operadores pode-se tirar as conclusões de que as condições de operação no que toca aos métodos de trabalho estão bem definidas, com a colocação das ferramentas no local adequado, a técnica dos 5'S sendo correctamente aplicada (o local apresenta-se limpo, com bom aspecto e organizado), as regras de montagem são simples e fáceis de memorizar, as ferramentas não são escorregadias e as luvas de trabalho são adequadas. No entanto, há algum desconforto térmico, especialmente no Verão, por haver falta de ventilação na fábrica. Os operadores queixam-se também de chegarem ao fim do trabalho exaustos.

Através da análise da Tabela 5 pode-se constatar que a maioria dos operadores não vê diferenças significativas na ergonomia, entre a linha e a célula, com excepção feita ao espaço de manobra que possuem para realizar as tarefas. Os operadores crêem que as movimentações na célula ajudam à realização do trabalho, constituindo assim uma vantagem em relação à linha.

Tabela 5. Resultados do questionário sobre a transição de linha para célula

	Implementação de células		
	Melhor	Igual	Pior
Respostas	146	304	50
%	29,2%	60,8%	10,0%

5. CONCLUSÃO

Com o crescer das práticas BPS também a ergonomia adquiriu um maior grau de importância para a administração da BBT. A ergonomia partilha de alguma intimidade com o sistema BPS na medida em que esta se dedica à supressão do desperdício através da eliminação de movimentos e tarefas desnecessárias. Os movimentos de alcance de materiais e a configuração dos postos de trabalho assumem um papel importante na ergonomia da fábrica e é indicada, pela *checklist* utilizada, como a fonte principal para os problemas existentes nos postos. Desta forma, parece claro que será necessário “atacar” o problema por este ângulo. Uma boa implementação destes conceitos, feita através da normalização das tarefas de trabalho, pode ser determinante na redução de tempos de ciclo do operador e de lesões contraídas ao efectuar o seu trabalho. As normas estudadas neste trabalho contribuem para o equilíbrio do trabalho do operador na elevação de cargas.

A grande vantagem encontrada nas células em relação às linhas de produção está na capacidade de trabalho em equipa e na rotatividade nos postos, o que irá originar um maior incentivo para a socialização entre os operadores, a sua motivação, e a responsabilização pelo

trabalho realizado. As movimentações dos operadores evitam o trabalho estático, ajudando a prevenir o aparecimento de varizes nas pernas e outros problemas de saúde relacionados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arezes, P.M., Costa, L.G., Miguel, A.S., Barroso, M.P., Cordeiro, P., “Estudo Antropométrico da População Portuguesa”, Ingenium, Vol. II, 2005

Bosch, “Bosch Production System Element Description”, 2004

Monden, Yasuhiro, “Toyota Production System”, Institute of Industrial Engineers, 1983

Waters, T.R., Putz-Anderson, V., Garg, A., “Applications Manual for the Revised NIOSH lifting equation”, NIOSH: Cincinnati, Ohio, 1994.