



**Lucas Teixeira  
Ricardo Brandalise**

**ANÁLISE E REDIMENSIONAMENTO DO SISTEMA  
HIDRÁULICO DE UM EQUIPAMENTO PROCESSADOR DE  
BOBINAS DE AÇO**

**Horizontina**

**2013**

**Lucas Teixeira  
Ricardo Brandalise**

**ANÁLISE E REDIMENSIONAMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO DE  
UM EQUIPAMENTO PROCESSADOR DE BOBINAS DE AÇO**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Anderson Dal Molin, MsC.

**Horizontina  
2013**

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:**

**“Análise e redimensionamento do sistema hidráulico de um equipamento  
processador de bobinas de aço”**

**Elaborada por:**

**Lucas Teixeira  
Ricardo Brandalise**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: 29/11/2013  
Pela Comissão Examinadora**

---

**MsC. Anderson Dal Molin  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

---

**Esp. Francine Centenaro  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

---

**Esp. Leonardo Teixeira Rodrigues  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina  
2013**

## **DEDICATÓRIA**

Este trabalho é dedicado às pessoas mais importantes de nossas vidas, a nossa família inteira, pois de uma forma ou outra fizeram parte de toda a travessia por nosso período de estudo.

## **AGRADECIMENTO**

Hoje podemos dizer que mais uma etapa, embora difícil, já tem passado. No entanto, são muitas alegrias e muito que aprendemos neste período. Devemos tudo a Deus, que nos tem dado o dom da vida e força para que tivéssemos força para lutar.

Queremos agradecer em especial as nossas famílias, pai e mãe, irmãos e irmãs, esposa e filhos. Pois sem a família não teríamos força para seguir em nossa caminhada.

Aos professores queremos agradecer pelos ensinamentos e aprendizado, todo o nosso crescimento devemos a cada um de vocês, pois sempre nos apoiaram nesta jornada.

Um agradecimento especial, ao nosso professor e orientador deste trabalho, Anderson Dal Molin, que não mediu esforços para nos apoiar, mesmo diante de momentos difíceis para todos nós.

Queremos agradecer a todas as pessoas que fizeram parte desta jornada, que estiveram presente e nos auxiliaram a realizar este sonho que tanto almejávamos.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”  
(Theodore Roosevelt)

## RESUMO

O equipamento analisado é uma linha de corte transversal, a qual recebe e processa a bobina de aço, este equipamento é denominado processador de bobinas de aço, que possui em seu sistema de conversão primária duas unidades hidráulicas: unidade A e unidade B, com capacidade de 250 e 450 litros de óleo hidráulico respectivamente. Devido às unidades estarem instaladas, realizou-se um estudo para verificar se a exigência de vazão é desproporcional a capacidade hidráulica de cada unidade. O problema em questão é a real necessidade do volume total de 700 litros e uma unidade com volume maior que os 400 litros exigidos pela companhia seguradora da empresa, a qual requer por medidas de segurança que unidades hidráulicas com volume superior a 400 litros, tenham instaladas dispositivos de prevenção contra incêndio e vazamento de óleo hidráulico para o meio ambiente. É visto que, todo equipamento hidráulico deve conter um reservatório de óleo, que terá a função de armazenar e resfriar este fluido utilizado em todo sistema. O principal objetivo desta pesquisa é o redimensionamento do sistema de conversão primário de um equipamento de processamento de bobinas de aço, viabilizando a utilização de unidade hidráulica que reduza o consumo de energia, volume total de óleo hidráulico e gastos de manutenção do equipamento. Como metodologia: foi identificada à situação atual realizando uma visita técnica na empresa, para visualizar as alterações realizadas, então, uma reunião com os técnicos responsáveis pela manutenção do equipamento foi agendada para esclarecer os fatores que levaram a aplicação desta pesquisa. Então, foram calculadas as vazões de todos os atuadores instalados atualmente, onde foi verificada a quantidade de acessórios de todo o equipamento, o comprimento equivalente e a perda de carga. Em seguida foram analisados e atualizados os diagramas hidráulicos. Com isso, foi verificado que os circuitos que possuem maior vazão, estão ligados na unidade A, embora a unidade supra a necessidade, a unidade B está sendo utilizada para suprir uma vazão muito inferior a sua capacidade, que é de 64,2 l/min. É observado que todo o sistema que sofre algum tipo de alteração, deve ser reanalisado. Por esse motivo, todo o circuito hidráulico foi avaliado, chegando-se a conclusão que a unidade hidráulica A, de 250 litros, é suficiente para o bom funcionamento de todo o equipamento, pois, as vazões do circuito não ultrapassaram os 39 l/min da bomba hidráulica.

Palavras-chave: Reservatório. Redimensionamento. Equipamento.

## ABSTRACT

The equipment is considered a line transversal, which receives and processes steel coil, this machine is called processor of steel coils, which has in its system for converting primary two hydraulic units: unit A and unit B, with capacity 250 and 450 liters of hydraulic oil respectively. Because the units are installed, we performed a study to determine whether the requirement is disproportionate flow of the hydraulic capacity of each unit. The problem in question is the actual need of the total volume of 700 liters and a unit volume greater than 400 liters required by the insurance company of the company, which calls for safety measures that hydraulic units with volume exceeding 400 liters have installed devices for preventing fire and leakage of hydraulic oil into the environment. It is seen that all equipment must contain a hydraulic oil reservoir, which has the function of storing and cooling fluid used throughout this system. The main objective of this research is resizing the conversion system of primary processing equipment steel coils, enabling the use of hydraulic unit that reduces energy consumption, total volume of hydraulic oil and offers maintenance costs of the equipment. As methodology: the current situation was identified by performing a technical visit in the company, to see the changes made, then a meeting with the technicians responsible for maintenance the equipment was scheduled to clarify the factors that led to the application of this research . Then, we calculated the flow rates of all actuators currently installed, which identified the amount of accessories of all equipment, the equivalent length and loss. Were then analyzed and updated hydraulic diagrams. Thus, it was found that the circuits that have a higher flow rate, are linked in the unit, although the unit above the need, the B unit is being used to supply a rate far below its capacity, which is 64.2 l / min. It is noted that the entire system undergoes some type of change must be reviewed. For this reason, the entire hydraulic circuit was evaluated, reaching the conclusion that the hydraulic unit A, 250 liters is sufficient for the proper functioning of all equipment, because the flow of the circuit didn't exceed 39 l / min the hydraulic pump.

Keywords: Reservoir. Resizing. Equipment.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Esquema de um sistema hidráulico .....	5
Figura 02 - Diagrama Trajeto x Passo .....	6
Figura 03 - Sistema de Atuação Genérico .....	7
Figura 04 – Tipos de escoamentos .....	9
Figura 05 – Fator de atrito.....	12

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Quadro de Relações de Variáveis.....	8
Quadro 02 – Velocidades Recomendadas.....	10
Quadro 03 - Vazão total do Desenrolador.....	16
Quadro 04 – Vazão total da Unidade de Alimentação .....	17
Quadro 05 - Vazão total da Endireitadeira Pesada e Endireitadeira Leve.....	17
Quadro 06 - Vazão total do Looping.....	17
Quadro 07 - Vazão total dos Rolos Alimentadores Guilhotina.....	18
Quadro 08 - Vazão total da Guilhotina.....	18
Quadro 09 - Vazão total dos motores hidráulicos .....	19
Quadro 10 – Perda de Carga dos Acessórios .....	20
Quadro 11 – Perda de Carga das Válvulas.....	21
Quadro 12 – Perda de Carga total dos sistemas do equipamento.....	21

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>3</b>
2.1	CONCEITOS DE HIDRÁULICA	3
2.2	DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS	5
2.2.2	DIMENSIONAMENTO DE BOMBA E MOTOR HIDRÁULICO	7
2.2.3	DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES	9
2.2.4	DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS	11
2.2.5	PERDA DE CARGA NA LINHA DE PRESSÃO	11
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>13</b>
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	13
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>15</b>
4.1	ANÁLISE DO SISTEMA HIDRÁULICO ATUAL	15
4.2	MEMORIAL DE CÁLCULOS	15
4.3	PROPOSTA DE NOVO CIRCUITO HIDRÁULICO	21
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>26</b>
	<b>APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DOS ACIONAMENTOS E FUNÇÕES DO EQUIPAMENTO</b>	<b>27</b>
	<b>APÊNDICE B – UNIDADE HIDRÁULICA A (250 LITROS)</b>	<b>28</b>
	<b>APÊNDICE C – UNIDADE DE EMPILHAMENTO</b>	<b>29</b>
	<b>APÊNDICE D – PARTES DO EQUIPAMENTO</b>	<b>30</b>
	<b>APÊNDICE E – PARTES DO EQUIPAMENTO</b>	<b>31</b>
	<b>ANEXO A – COMPRIMENTOS EQUIVALENTES</b>	<b>32</b>
	<b>ANEXO B – PERDA DE CARGA VÁLVULAS REXROTH</b>	<b>33</b>
	<b>ANEXO C – PERDA DE CARGA VÁLVULAS REXROTH</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um equipamento processador de bobinas de aço possui diferentes formas construtivas, o equipamento estudado é uma linha de corte transversal. O qual recebe a bobina de aço, desenrola e endireita a chapa. Após este processo, faz o corte de acordo com o tamanho de chapa que se tenha necessidade, as chapas processadas são empilhadas sobre uma embalagem e então são encaminhadas para processamento posterior de manufatura.

O equipamento de processamento de bobinas de aço tem em seu sistema de conversão primária duas unidades hidráulicas: unidade A e a unidade B, com capacidade de 250 e 450 litros de óleo hidráulico respectivamente. A guilhotina hidráulica deste equipamento foi trocada por uma guilhotina mecânica, no entanto, foram mantidas as duas unidades hidráulicas. Onde, a unidade B, anteriormente utilizada pela guilhotina hidráulica, está sendo utilizada por outros atuadores hidráulicos.

O problema desta pesquisa é: devido as unidades hidráulicas estarem instaladas logo após uma modificação, que tinha uma demanda maior de vazão a exigência de carga pode ser desproporcional à capacidade hidráulica de cada unidade, e ressaltando, a seguradora da empresa relata que reservatórios de óleo hidráulico superiores a 400 litros de capacidade devem possuir um dispositivo de prevenção contra sinistros, onde, sem o cumprimento deste requisito exigido a empresa é obrigada a pagar um valor maior de seguro.

A justificativa da elaboração deste projeto é a redução de gastos e de consumo dos recursos fabris, como: hora máquina, hora manutenção, componentes de reposição, mão-de-obra operacional, entre outros. Devido às alterações sofridas pelo equipamento, será verificado se as duas unidades estão corretamente dimensionadas. A modificação da máquina foi realizada através do conhecimento prático dos técnicos, onde se realizou uma prévia análise, no entanto, devido ao equipamento ser essencial para a produção, tornou-se necessária a redução do prazo de adequação para o menor tempo possível e assim não afetando a produção. Com a redução neste tempo o acompanhamento e algumas análises de alterações não foram executados, havendo a necessidade de uma análise e redimensionamento do sistema hidráulico.

Será realizado o desenvolvimento de uma pesquisa exploratória, que possui uma abordagem flexível de estudo das informações coletadas, conceitos básicos de hidráulica, dimensionamento e informações relevantes das alterações do equipamento.

Com isso, o objetivo geral deste projeto é analisar e redimensionar o sistema de conversão primário de um equipamento de processamento de bobina de aço, viabilizando a utilização de unidade hidráulica que reduza o consumo de energia, volume total de óleo hidráulico e gastos de manutenção do equipamento, tendo como objetivos específicos: analisar o diagrama hidráulico do equipamento processador de bobinas de aço; definir a exigência de vazão do equipamento; e redimensionar o sistema hidráulico.

Tendo em vista ser um equipamento responsável por receber e processar matéria-prima de aproximadamente 14 toneladas, todos os componentes que fazem parte do funcionamento, sendo eles hidráulicos, pneumáticos, elétricos ou mecânicos devem estar dimensionados corretamente, para evitar as sobrecargas em algum sistema ao longo do percurso da bobina e chapa no equipamento.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 CONCEITOS DE HIDRÁULICA

A Hidráulica é uma das formas de transmitir potência utilizada para movimentar sistemas mecânicos. Com o avanço tecnológico na hidráulica é permitida a utilização em vários sistemas, desde o mais simples até ao equipamento mais sofisticado com muita tecnologia embarcada. Muitos são os equipamentos industriais que utilizam sistemas hidráulicos para desempenhar funções importantes e ainda mais precisas.

Fluido é uma substância que se deforma continuamente, quando submetida a uma força tangencial constante qualquer ou, em outras palavras, fluido é uma substância que, submetida a uma força tangencial constante, não atinge uma nova configuração de equilíbrio estático (BRUNETTI, 2005, p. 2).

“Toda a pressão aplicada sobre um fluido confinado a um recipiente fechado, age igualmente em todas as direções dentro da massa fluida e perpendicularmente às paredes do recipiente (PALMIERI, 1994, p. 13)”.

A instalação de sistemas hidráulicos requer alguns cuidados ao ser projetado, qualquer erro em seu dimensionamento, e o seu equipamento não funcionará ou irá provocar algum dano.

Um circuito hidráulico é composto basicamente pela entrada ou alimentação, a bomba, e pela saída denominada de atuador. Embora o sistema hidráulico necessite de um motor elétrico para gerar movimento mecânico para o eixo da bomba, segundo Sandretto do Brasil (2013, p. 7) “a Bomba é provavelmente o componente mais importante e menos comprometido no circuito hidráulico”.

As bombas são feitas em vários tamanhos e formas, mecânicas e manuais com diversos mecanismos de bombeamento e para diversas aplicações. Todas as bombas, entretanto, são classificadas em duas categorias básicas: Turbobombas (bombas centrífugas ou de deslocamento não positivo) ou bombas volumétricas (deslocamento positivo) (SANDRETTO, 2013, p. 7).

Os atuadores são responsáveis pela parte dinâmica de exercer a força gerada pelo sistema. “Por se tratar de um atuador, a função básica de um cilindro hidráulico é transformar força, potência ou energia hidráulica em força, potência ou energia

mecânica” (PALMIERI, 1994, p. 77). Estes cilindros podem ser de simples ação ou simples efeito e ou então de dupla ação ou duplo efeito.

Os fluidos hidráulicos possuem uma função importante, tanto que estes devem sempre estar o mais limpo possível, sem qualquer tipo de impurezas. Todo o projeto deve ser levado em consideração o tipo de óleo e as qualidades que seriam a viscosidade do fluido, a anti-emulsificação, o número de neutralização, o ponto de anilina, os aditivos, os antioxidantes, os antiespumantes e os detergentes. Por isso, para qualquer manutenção no sistema hidráulico de um equipamento, é recomendado o óleo indicado pelo fabricante (PALMIERI, 1994).

Deve-se destacar a importância dos filtros de óleo para o sistema, pois o óleo deve estar sempre livre de impurezas. Segundo Palmieri (1994, p. 69), “a função do filtro é livrar o fluido dessas impurezas para assegurar o bom funcionamento do circuito”. Portanto, podem-se encontrar tipos diferentes de filtros: os químicos e os mecânicos. A aplicação do filtro mecânico é decisiva e obrigatória em todos os sistemas hidráulicos e por esse motivo existe filtro de linha de pressão, filtro de sucção e filtro de retorno (PALMIERI, 1994).

Para acionamentos ou controles de pressão e direção do óleo nos sistemas hidráulicos, existem vários tipos de válvulas, mas cada tipo é enquadrado dentro de suas características de acordo com as funções que exercem, dentre elas: válvulas reguladoras de pressão, válvulas de controle direcional e válvulas reguladoras de vazão (LINSINGEN, 2003).

Também são utilizados acumuladores para absorver qualquer energia excedente, provocadas por picos de pressão, fechamento brusco de válvulas ou interrupções bruscas de escoamento do óleo.

Os acumuladores são componentes mecânicos simples cuja função básica é armazenar energia hidráulica para utilização como fonte eventual, auxiliar ou principal de energia. Logo, cita que existem diferentes tipos de acumuladores, que podem ser agrupados em três categorias, denominados peso morto, mola e gás (LINSINGEN, 2003, p. 357).

Para alimentar o sistema hidráulico com óleo em todos os componentes durante cada operação requerida, todo sistema hidráulico deve conter um reservatório de óleo hidráulico que terá a função de armazenar o óleo utilizado em todo sistema, este óleo será succionado do reservatório através da bomba e retornará ao reservatório depois de passar por partes do sistema.

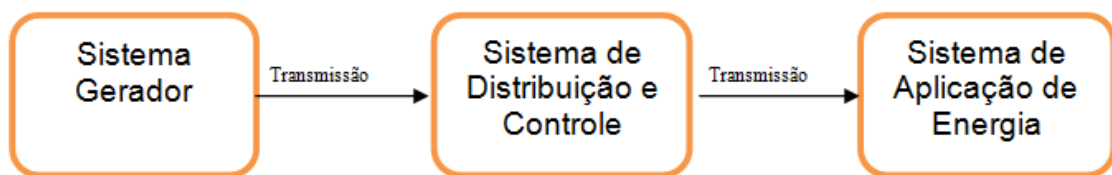
## 2.2 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS

O dimensionamento de um sistema hidráulico é dividido em algumas etapas. Em cada uma delas existem tipos diferentes de cálculos a serem desenvolvidos e formas diferentes de análise. Fialho (2011) apresenta três tipos de esquemas hidráulicos dentro de um circuito, ou seja:

- Sistema de Conversão Primária: reservatório, filtros, bombas, motores, acumuladores, intensificadores de pressão e outros acessórios;
- Sistema de Distribuição e Controle: válvulas controladoras de vazão, pressão e válvulas direcionais;
- Sistema de Aplicação de Energia: atuadores (lineares e rotativos).

Esquemáticamente um sistema hidráulico pode ser representado conforme figura 01.

Figura 01 - Esquema de um sistema hidráulico



Fonte: Fialho, 2011, p. 35.

É visto que os três grupos citados estão divididos, em base geral, pela função dentro de um sistema hidráulico, havendo o entendimento dos principais grupos que compõem um sistema hidráulico, a análise torna-se melhor elaborada, pois existe uma separação de quais sistemas devem ser analisados e qual é a forma de serem trabalhados.

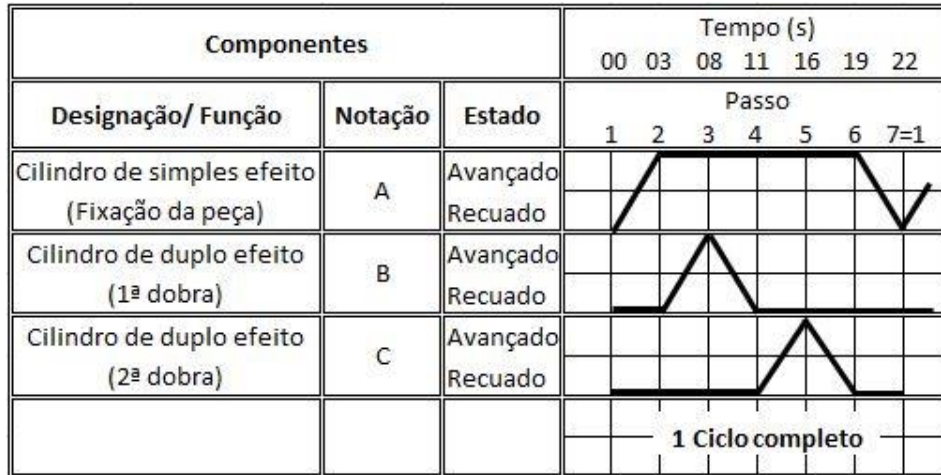
Para início de um dimensionamento hidráulico, como qualquer outro tipo de projeto, deve se conhecer a função do equipamento que se deseja automatizar, para que sejam definidos os deslocamentos.

Quando idealizamos um projeto hidráulico, é sempre conveniente de início elaborar seu diagrama trajeto x passo, pois ele tem o objetivo de representar graficamente a sequência de movimentos os quais pretendemos que o projeto execute. Com ele é possível visualizar cada um dos movimentos executados, o momento em que eles ocorrem, sua função e tempo de duração (FIALHO, 2011, p. 44).



A figura 2 ilustra um diagrama trajeto x passo, onde pode ser evidenciado o funcionamento de todo o circuito de forma intuitiva.

Figura 02 - Diagrama Trajeto x Passo



Fonte: Fialho, 2011, p. 45.

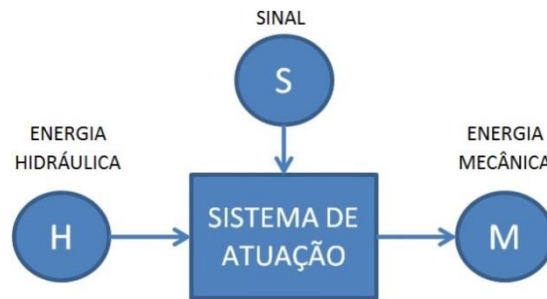
### 2.2.1 Dimensionamento de atuadores hidráulicos

Os atuadores hidráulicos recebem a energia hidráulica e a transformam em energia mecânica, gerando o movimento esperado, de acordo com a sua construção mecânica. “Os cilindros são, sem dúvida, os principais atuadores de um sistema hidráulico, sendo, por vezes, um fator determinante na designação das condições de trabalho e potência da bomba (BOSCH apud ALVES, 2009, p. 7)”.

Um fator importante em um projeto é o custo que ele gerará, para que reflita positivamente no preço do equipamento, ou seja, um melhor preço. Segundo Fialho (2006), para que o projeto tenha um custo baixo devem ser comprados cilindros que tenham diâmetro comercial, evitando a fabricação dos cilindros, sendo eles manufaturados conforme medida, poderá elevar o custo de todo o projeto.

Um sistema de atuação hidráulico deverá receber o fluido hidráulico, transformar a energia hidráulica em mecânica, através de algumas variáveis como: força, velocidade e deslocamento, todo o controle da energia mecânica ocorre por um sinal recebido (NEGRI, 2001). A figura 03 apresenta um sistema de atuação.

Figura 03 - Sistema de Atuação Genérico



Fonte: Negri, 2001, p. 9.

Após determinar o gráfico trajeto x passo, os deslocamentos e os tempos que os cilindros devem atuar já são conhecidos. Com isso pode-se calcular a vazão de avanço, conforme a equação 1 e a vazão de retorno, conforme equação 3. (FIALHO, 2011)

$$Q_a = v_a \cdot A_p \quad (1) \qquad Q_r = v_r \cdot A_c \quad (3)$$

$$A_p = \pi \cdot \frac{D_p^2}{4} \quad (2) \qquad A_c = \pi \cdot \frac{(D_p^2 - d_h^2)}{4} \quad (4)$$

Onde:

$Q_a$  = Vazão de avanço [cm<sup>3</sup>/min]

$v_a$  = Velocidade de avanço [cm/min]

$A_p$  = Área do Pistão [cm<sup>2</sup>]

$D_p$  = Diâmetro do Pistão [cm]

$Q_r$  = Vazão de retorno [cm<sup>3</sup>/min]

$v_r$  = Velocidade de retorno [cm/min]

$A_c$  = Área da coroa [cm<sup>2</sup>]

$D_h$  = Diâmetro da haste [cm]

### 2.2.2 Dimensionamento de bomba e motor hidráulico

A bomba hidráulica define qual será a capacidade de todo o circuito, entretanto, podem ser utilizadas bombas instaladas em série ou em paralelo para compensar a necessidade de pressão ou vazão. O motor hidráulico será um atuador, um componente que transforma a energia hidráulica em energia mecânica, assim como nos cilindros, porém o movimento gerado é rotativo.

Ao selecionarmos uma bomba para o projeto, devemos considerar que ela forneça e suporte no mínimo a pressão de trabalho necessária ao atuador de maior solicitação quanto à pressão, mais a perda de carga da linha de pressão do sistema. Assim:  $P_B \geq P_{Tb} + \text{Perda de Carga na Linha de Pressão}$  (FIALHO, 2011, p. 61).

Os motores hidráulicos podem ser comparados com os cilindros hidráulicos, pois o deslocamento volumétrico assume o mesmo papel da área no caso dos cilindros, em consequência as equações dinâmicas para motores são muito similares (NEGRI, 2001).

Os motores hidráulicos tem sua construção similar a de uma bomba, com algumas particularidades que o diferencia de uma bomba hidráulica. “Ao iniciarmos o dimensionamento de um motor hidráulico, a primeira variável a ser buscada é o torque (momento de torção), necessário para efetuar a operação desejada (FIALHO, 2011, p. 73)”.

Ainda Fialho (2011), demonstra uma forma de cálculo da vazão absorvida do motor hidráulico:

$$Q = \frac{Vg.n}{1000.\eta_v} \quad (5)$$

Onde:

$Q$  = Vazão absorvida [l/min]

$Vg$  = Volume de absorção [cm<sup>3</sup>/rotação]

$\eta_v$  = Rendimento volumétrico [0,82 – 0,95]

$n$  = Rotação [RPM]

Conhecendo a vazão absorvida é possível verificar qual será a vazão que a bomba e circuito hidráulico deverão fornecer.

Quadro 01 – Quadro de Relações de Variáveis

Variável	Mudança	RPM (n)	Efeito sobre a Pressão de Operação	Torque Disponível (Mt)
Pressão (Ptb)	Aumento	Sem Efeito	Sem Efeito	Aumenta
	Redução	Sem Efeito	Sem Efeito	Reduz
Vazão (Q)	Aumento	Aumenta	Sem Efeito	Sem Efeito
	Redução	Reduz	Sem Efeito	Sem Efeito
Deslocamento (Vg)	Aumento	Reduz	Reduz	Aumenta
	Redução	Aumenta	Aumenta	Reduz

Fonte: Fialho, 2011, p. 73.

Uma das formas de aumentar a vazão do sistema para atender a necessidade dos motores hidráulicos, é interliga-los através de circuitos regenerativos. No quadro 01 é possível analisar os efeitos que ocorrem com a pressão, a vazão e o deslocamento.

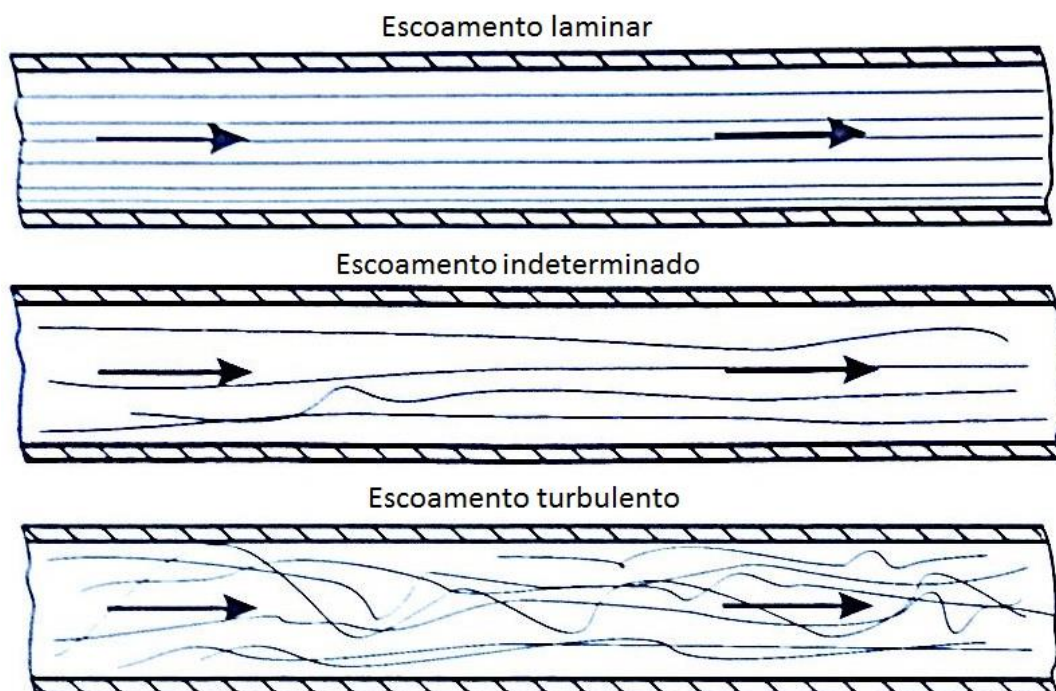
Com isso, quando há um aumento de vazão nos circuitos regenerativos para os motores hidráulicos, não terá efeito sobre a pressão de operação e sobre o torque disponível.

### 2.2.3 Dimensionamento das tubulações

As tubulações em sistema hidráulico tem um papel importante, pois com o correto dimensionamento deste item a perda de carga pode ser atenuada.

Todo o fluido de um circuito hidráulico tem por obrigação ser conduzido até um atuador ou ser distribuído por válvulas. Contudo poderá gerar alguns tipos de problemas no escoamento, Osborne Reynolds, identificou alguns parâmetros numéricos que reconhecem os limites de comportamento, denominados de escoamento laminar, escoamento indeterminado e o escoamento turbulento (FIALHO, 2011). Podem ser verificados os escoamentos na figura 4.

Figura 04 – Tipos de escoamentos



Fonte: Fialho, 2011, p.83.

De acordo com Fialho (2011) Reynolds verificou que para a definição do tipo de ciclo, depende de um resultado adimensional que leva em consideração:

$$Re = \frac{v \cdot dt}{\nu} \quad (6)$$

Onde:

Re = número de Reynolds

$v$  = velocidade característica [cm/s]

$dt$  = diâmetro da tubulação [cm]

$\nu$  = viscosidade do fluido em Stokes [St]

O diâmetro, velocidade característica, massa específica e viscosidade dinâmica têm influência sob o número de Reynolds. Se o valor de Reynolds for menor que 2000, o escoamento é laminar;  $2000 < Re < 2400$ , escoamento de transição; e se  $Re > 2400$ , escoamento turbulento (BRUNETTI, 2005).

Para que as tubulações sejam dimensionadas, também deve se considerar as velocidades recomendadas, segundo Fialho (2011, p.84) “A fim de obter a menor perda de carga possível e garantir um regime laminar no escoamento do fluido, são aplicados alguns critérios empíricos amplamente indicados. Um desses critérios é a velocidade [...]”. O quadro 02 apresenta algumas velocidades recomendadas tabeladas.

Quadro 02 – Velocidades Recomendadas

Tubulação	Pressão (bar)				Velocidade (cm/s)
	20	50	100	>200	
Tubulação de Pressão	300	400	500	600	
Tubulação de Retorno	300				
Tubulação de Sucção	100				

Fonte: Fialho, 2011, p. 84.

Fialho (2011) ainda propõe que para pressões intermediárias entre 20 e 200 bar, pode ser utilizado uma equação:

$$v = 121,65 \cdot P^{\left(\frac{1}{3,3}\right)} \quad (7)$$

Onde:

$v$  = Velocidade da tubulação [cm/s]

$P$  = Pressão na tubulação [bar]

Num circuito a ser projetado não pode haver variações muito grandes, o sistema deve ter uma tolerância pequena de projeto, a equação 7 é uma alternativa útil, para ser agregada ao desenvolvimento do projeto.

#### **2.2.4 Dimensionamento de Reservatórios**

Para o correto funcionamento de qualquer tipo de sistema hidráulico é necessário ter uma quantidade de fluido suficiente, ainda, o fluido deve conter uma forma de resfriamento.

O reservatório parece ser o elemento mais trivial de um circuito hidráulico, porém, na realidade, por não estar sujeito a nenhum critério prévio de unificação, pode causar ao projetista inexperiente algumas dificuldades quanto ao seu dimensionamento e posicionamento de elementos e acessórios (FIALHO, 2011, p. 104).

Segundo Esposito *apud* Renner (2010), sistemas hidráulicos requerem alguns elementos básicos: reservatórios, para armazenar fluido; bombas, para prover vazão de fluido ao sistema; fonte de energia, como o exemplo de um motor elétrico, para acionar a bomba; válvulas, para controle do fluido, direção, pressão e vazão; atuadores, para converter energia associada ao fluido em energia mecânica; e um sistema de canalização, para conduzir o fluido de um lugar a outro.

O armazenamento do fluido pode se tornar um ponto crítico dentro de um sistema hidráulico, “O Volume de fluido armazenado no reservatório deve ser o suficiente para suprir o sistema por um período de no mínimo três minutos antes que haja o seu retorno, completando um ciclo (FIALHO, 2011, p. 104)”. Ou seja, o volume do reservatório deverá ser maior ou igual a três vezes a vazão da bomba.

#### **2.2.5 Perda de carga na linha de pressão**

Todo sistema gera algumas perdas, seja por algum desgaste ou por perdas naturais do próprio sistema, onde podem ser definidas de duas formas: perda de carga distribuída (tubulações) e perda de carga localizada (os acessórios). O fator de atrito, que é verificado na figura 05 e a perda de carga nas válvulas da linha de pressão são outros fatores que influenciam na perda de carga (FIALHO, 2011).

Figura 05 – Fator de atrito

$\psi$	$\frac{64}{Re}$	Para tubos rígidos e temperatura constante
	$\frac{75}{Re}$	Para tubos rígidos e temperatura variável ou para tubos flexíveis e temperatura constante
	$\frac{90}{Re}$	Para tubos flexíveis e temperatura variável

Fonte: Fialho, 2011, p. 91

A perda de carga é calculada através da equação 8, onde são levados em consideração muitos fatores, inclusive algumas características do óleo podem influenciar em uma maior ou menor perda de carga. Fialho (2011) representa a perda de carga da seguinte forma:

$$\Delta P = \psi \cdot \frac{5 \cdot Lt \cdot \rho \cdot v^2}{di \cdot 10^{10}} \quad (8)$$

Onde:

$\psi$  = Fator de atrito

$Lt = L1 + L2$  = Comprimento total da tubulação [cm]

L1 = Comprimento da tubulação retilínea [cm]

L2 = Comprimento equivalente dos acessórios [cm]

$\rho$  = Massa específica do fluido [kg/m<sup>3</sup>]

$v$  = Velocidade de escoamento do fluido [cm/s]

$di$  = Diâmetro interno do tubo comercial [cm]

Ter o conhecimento da perda de carga de um circuito é muito importante, pois a pressão que será exercida no atuador será a pressão da bomba subtraída pelas perdas de todo o sistema, quanto maior for a perda do equipamento, maior terá de ser a pressão da bomba para compensar a pressão que será exigida. Mas tudo deve ser avaliado, se o resultado da pressão no atuador for suficiente, não há a necessidade de troca da bomba, ou diâmetro de tubulação.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

A partir dos objetivos propostos para a solução deste problema, optou-se pelo desenvolvimento de uma abordagem exploratória. Esta forma de pesquisa segundo Selltiz *et al.* apud Gil (2007) tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, aprimoramento de ideias ou descoberta de intuições. Seu planejamento é bastante flexível, onde envolvem: levantamento bibliográfico e entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com problema pesquisado, também a análise de exemplos que estimulem a compreensão.

Identificou-se a necessidade da aplicação do projeto de pesquisa para a constatação que o equipamento sofreu modificações de parte do sistema e troca da guilhotina hidráulica por guilhotina mecânica.

Foram aplicadas as informações do referencial teórico, explorados os conceitos básicos de hidráulica e seu dimensionamento para a realização da revisão e análise de todo o sistema hidráulico do equipamento de processamento de bobinas de aço.

Realizou-se uma visita técnica na empresa para visualizar as alterações realizadas após a troca do equipamento de corte transversal, com agendamento de uma reunião com os técnicos responsáveis pela manutenção do equipamento para entender os fatores que levaram a aplicação desta pesquisa. Foram discutidos com o supervisor responsável pela área, assuntos referentes à seguradora da empresa, para a coleta de informações dos reservatórios que acondicionam volume de óleo hidráulico superior a 400 litros.

Foram identificados os componentes hidráulicos e suas respectivas vazões de trabalho, de acordo com a sequência de funcionamento, assim como a sequência do trabalho e esforços, para que através do referencial teórico, sejam aplicados os conceitos de dimensionamento para que possam ser realizadas as análises do sistema hidráulico, determinando se as alterações realizadas estão de acordo com o melhor dimensionamento para o equipamento.

Foram calculadas as vazões de todos os atuadores instalados atualmente. Foi realizado um levantamento por funções do equipamento, levando em consideração



que o mesmo possui vários circuitos integrados, e uma avaliação geral tornaria a análise superficial.

Verificou-se a quantidade de acessórios de todo o equipamento, e calculado o comprimento equivalente, para base do dimensionamento foi utilizada a tabela do Anexo A. Levantou-se o comprimento das mangueiras, tubulações e somou-se para obter o comprimento total. Para as válvulas de regulagem e direcionais foram utilizadas as perdas de cargas definidas pelos catálogos do fabricante REXROTH, Anexo B e Anexo C.

Para melhor entendimento do circuito, foi elaborado um fluxograma (Apêndice A) do funcionamento do equipamento de processamento de bobinas.

Como o intuito do projeto é o redimensionamento de um circuito hidráulico, as tubulações e mangueiras estão instaladas e definidas, para identificar qual é o tipo de fluxo, foi calculado o número de Reynolds adequado ao sistema. Para obter o número de Reynolds foi verificado o diâmetro da tubulação, a velocidade adequada para a pressão máxima do sistema e também as propriedades de viscosidade do óleo Mobil DTE26.

Após obter os dados listados na metodologia, calculou-se a perda de carga do equipamento. Dos dados necessários teve de ser identificado o fator de atrito e através da figura 07, utilizou-se a relação  $75/Re$ , pois o circuito possui os dois tipos, mangueiras flexíveis e tubulações rígidas.

Foram analisados os diagramas hidráulicos, os quais não estavam atualizados. Logo, identificaram-se as novas formas de ligações, as alterações dos subsistemas do equipamento e redesenhados.

Verificou-se que as mesas descarregadoras poderiam ter um aumento de sua vazão. Para isso, a forma de ligação de um sistema regenerativo foi analisada e aplicada no equipamento.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISE DO SISTEMA HIDRÁULICO ATUAL

O equipamento possui circuitos hidráulicos interligados a duas unidades hidráulicas, foi verificado que a unidade A de 250 litros, alimenta os seguintes circuitos: cruz giratória (1), carro transportador (2), desenrolador (3), controlador de bordas (4), unidade de alimentação (5), dispositivo de limpeza endireitadeira pesada (6), endireitadeira pesada (6), mesa auxiliar (7), dispositivo de limpeza endireitadeira leve (8), endireitadeira leve (8), looping (9), cilindros alimentadores guilhotina (10) e mesas de alimentação 1 e 2 (11). A unidade B de 450 litros alimenta os seguintes circuitos: Guilhotina (12) e Mesas de Alimentação 3 e 4 (13). Estas partes dos equipamentos podem ser visualizadas através das fotos nos Apêndices D e E.

É verificado que os circuitos que possuem maior vazão, estão ligados na unidade A, embora a unidade supra a necessidade, a unidade B está sendo utilizada para suprir uma vazão muito inferior à sua capacidade, que é de 64,2 l/min.

Identificaram-se quais os componentes que foram retirados, também se verificou a nova forma de ligação das duas unidades hidráulicas, todas as alterações que estavam desatualizadas foram apontadas no esquema hidráulico e atualizadas.

Cada circuito trabalha de forma diferente, os componentes são atuados conforme há necessidade, no entanto, os componentes não são acionados simultaneamente.

O Apêndice A apresenta o fluxograma do equipamento, sendo possível verificar em quais momentos cada circuito e componente é acionado, constatando-se que a bomba hidráulica da unidade A é suficiente para alimentar todo o circuito.

### 4.2 MEMORIAL DE CÁLCULOS

Para identificação dos sistemas que possuem a maior necessidade de vazão, devem ser calculadas as vazões dos atuadores hidráulicos. Para os cálculos de vazões de cada parte do equipamento foi seguida a seguinte equação:

$$Q_a = v_a \cdot A_p \quad (1)$$

Para a área do Pistão:

$$A_p = \pi \cdot \frac{D_p^2}{4} \quad (2)$$

O carro alimentador possui dois atuadores hidráulicos, onde a área destes pistões é calculada:

$$A_p = \left[ \left( \pi \cdot \frac{127^2}{4} \right) \div 1000 \right] \times 2 = 0,012668 \text{ m}^2 \quad (9)$$

Sendo que o diâmetro da camisa dos pistões é de 127 mm, o tempo de deslocamento de avanço foi medido, sendo 30 segundos e o deslocamento total é igual a 500 mm, com isso é possível chegar ao cálculo de velocidade ( $v_a$ ).

$$v_a = \frac{L}{t} \quad (10)$$

$$v_a = \frac{\left( \frac{500}{1000} \right)}{30} = 0,016667 \text{ m/s} \quad (11)$$

Logo, a vazão obtém-se:

$$Q_a = 0,016667 \times 0,012668 = 0,000211 \text{ m}^3/\text{seg} \quad (12)$$

$$Q_a = 0,000211 \times 60 = 0,012668 \text{ m}^3/\text{min} \quad (13)$$

$$Q_a = 0,012668 \times 1000 = 12,66769 \text{ L/min} \quad (14)$$

A vazão total para os dois pistões:

$$Q_a = 12,66769 \times 2 = 25,33537 \text{ L/min} \quad (15)$$

Através destes cálculos obteve-se a vazão de trabalho de cada componente do circuito, possibilitando o redimensionamento da vazão necessária que a bomba deverá fornecer para os circuitos. Com os cálculos anteriormente apresentados, para os demais circuitos e componentes do sistema, relacionam-se os valores de vazões nos quadros 03 ao 08:

Quadro 03 - Vazão total do Desenrolador

Desenrolador	Castanha	Sujeitador	Rolos de Arraste	Desenrolador	Vazão Total
Diâmetro Camisa Cilindro (mm)	254,0	63,5	82,6	152,4	
Deslocamento (mm)	112	270	300	15	
Tempo de Deslocamento (s)	10,0	5,5	5,5	4,5	
Velocidades (m/min)	0,672	2,945	3,273	0,200	
Área (mm <sup>2</sup> )	50670,748	3166,922	5352,098	18241,469	
Área (m <sup>2</sup> )	0,050671	0,003167	0,005352	0,018241	
Vazão (m <sup>3</sup> /min)	0,034051	0,009328	0,017516	0,003648	
Vazão (l/min)	34,050743	9,328024	35,031913	3,648294	<b>82,058973</b>

Quadro 04 – Vazão total da Unidade de Alimentação

Unidade de Alimentação	Rolo Tracionador	Cinzel Vertical	Cinzel Avanço	Vazão Total
Diâmetro Cilindros (mm)	127	63,5	63,5	
Deslocamento (mm)	100	480	480	
Tempo de Deslocamento (s)	5	9,5	6	
Área (mm <sup>2</sup> )	12667,686977	3166,921744	3166,921744	
Área (m <sup>2</sup> )	0,012668	0,003167	0,003167	
Velocidades (m/min)	1,200000	3,031579	4,800000	
Vazão (m <sup>3</sup> /min)	0,015201	0,009601	0,015201	
Vazão (l/min)	15,201224	9,600773	15,201224	

Quadro 05 - Vazão total da Endireitadeira Pesada e Endireitadeira Leve

Endireitadeira Pesada	Camelos	Embreagem	Mesa	Vazão Total
Diâmetro Cilindros (mm)	63,5	50	50	
Deslocamento (mm)	100	20	250	
Tempo de Deslocamento (s)	5,34	1	8	
Área (mm <sup>2</sup> )	3166,921744	1963,495408	1963,495408	
Área (m <sup>2</sup> )	0,003167	0,001963	0,001963	
Velocidades (m/min)	1,123596	1,200000	1,875000	
Vazão (m <sup>3</sup> /min)	0,003558	0,002356	0,003682	
Vazão (l/min)	3,558339	2,356194	3,681554	
Endireitadeira Pesada	Camelos	Embreagem	Endireitadeira	Vazão Total
Diâmetro Cilindros (mm)	63,5	50	76,45	
Deslocamento (mm)	100	20	925	
Tempo de Deslocamento (s)	5,34	1	56	
Área (mm <sup>2</sup> )	3166,921744	1963,495408	4590,340069	
Área (m <sup>2</sup> )	0,003167	0,001963	0,004590	
Velocidades (m/min)	1,123596	1,200000	0,991071	
Vazão (m <sup>3</sup> /min)	0,003558	0,002356	0,004549	
Vazão (l/min)	3,558339	2,356194	4,549355	

Quadro 06 - Vazão total do Looping

Looping	Central	Laterais	Vazão Total
Diâmetro Cilindros (mm)	63,5	63,5	
Deslocamento (mm)	325	315	
Tempo de Deslocamento (s)	6	15	
Área (mm <sup>2</sup> )	3166,921744	3166,921744	
Área (m <sup>2</sup> )	0,003167	0,003167	
Velocidades (m/min)	3,250000	1,260000	
Vazão (m <sup>3</sup> /min)	0,010292	0,003990	
Vazão (l/min)	10,292496	3,990321	

Quadro 07 - Vazão total dos Rolos Alimentadores Guilhotina

Rolos Alimentadores Guilhotina (4 Pistões)	Rolos Alimentadores	Vazão Total
Diâmetro Cilindros (mm)	50,8	
Deslocamento (mm)	100	
Tempo de Deslocamento (s)	2	
Área (mm <sup>2</sup> )	2026,829916	
Área (m <sup>2</sup> )	0,002027	
Velocidades (m/min)	3,000000	
Vazão (m <sup>3</sup> /min)	0,006080	
Vazão (l/min)	6,080490	

Quadro 08 - Vazão total da Guilhotina

Guilhotina	Prensa-Chapas	Ajuste Navalhas	Vazão Total
Diâmetro Cilindros (mm)	60	50	
Deslocamento (mm)	140	200	
Tempo de Deslocamento (s)	2,7	3	
Área (mm <sup>2</sup> )	2827,433388	1963,495408	
Área (m <sup>2</sup> )	0,002827	0,001963	
Velocidades (m/min)	3,111111	4,000000	
Vazão (m <sup>3</sup> /min)	0,008796	0,007854	
Vazão (l/min)	35,185838	31,415927	

Para os motores hidráulicos que estão instalados nos sistemas do desenrolador, do controlador de bordas, do sistema de empilhamento, do Sistema de limpeza da endireitadeira Pesada e Leve. Para calcular a vazão do motor hidráulico foi utilizada a equação:

$$Q = \frac{V_g \cdot n}{1000 \cdot \eta_v} \quad (5)$$

Para cálculo do motor hidráulico do controlador de bordas, foi identificado o volume de deslocamento ( $V_g$ ) que é 100 cm<sup>3</sup>/rev e uma rotação de 90 rpm. Aplicando a equação 5:

$$Q = \frac{100 \cdot 90}{1000 \cdot 0,95} = 9,47 \text{ l/min} \quad (16)$$

Seguindo com este cálculo, foi aplicado nos outros sistemas que possuem motores hidráulicos.

Quadro 09 - Vazão total dos motores hidráulicos

Controlador de Bordas	Motor Hidráulico	Vazão Total
Rotação (RPM)	90	
Deslocamento (cm <sup>3</sup> )	100	
Vazão (l/min)	9,473684	<b>9,473684</b>
Sistema de Limpeza Endireitadeira Pesada	Motor Hidráulico	Vazão Total
Rotação (RPM)	180	
Deslocamento (cm <sup>3</sup> )	100	
Vazão (l/min)	18,947368	<b>18,947368</b>
Sistema de Limpeza Endireitadeira Leve	Motor Hidráulico	Vazão Total
Rotação (RPM)	180	
Deslocamento (cm <sup>3</sup> )	100	
Vazão (l/min)	18,947368	<b>18,947368</b>
Sistema de Empilhamento (4 motores)	Motor Hidráulico	Vazão Total
Rotação (RPM)	35	
Deslocamento (cm <sup>3</sup> )	405	
Vazão (l/min)	14,921053	<b>59,684211</b>
Desenrolador	Motor Hidráulico	Vazão Total
Rotação (RPM)	90	
Deslocamento (cm <sup>3</sup> )	200	
Vazão (l/min)	18,947368	<b>18,947368</b>

Nestes circuitos hidráulicos o óleo percorre diversos componentes, onde o atrito e outros fatores influenciam na perda de carga nas linhas de pressão. Para encontrar a perda de carga dos circuitos, optou-se em calcular em etapas conforme o funcionamento do equipamento. Para o carro alimentador utilizou-se o seguinte método:

$$\Delta P = \psi \cdot \frac{5 \cdot Lt \cdot \rho \cdot v^2}{di \cdot 10^{10}} \quad (8)$$

Onde para encontrar a velocidade de escoamento do fluido [cm/s] ( $v$ ), foi utilizado:

$$v = 121,65 \cdot P^{\left(\frac{1}{3,3}\right)} \quad (7)$$

Logo:

$$v = 121,65 \cdot 140^{\left(\frac{1}{3,3}\right)} = 543,8184557 \text{ cm/s} \quad (17)$$

Também foi encontrado o fator de atrito ( $\psi$ ):

$$\psi = \frac{75}{\text{Re}} \quad (18)$$

Para o cálculo do número de Reynolds:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot dt}{\nu} \quad (6)$$

$$\text{Re} = \frac{543,8184557 \times 1,27}{0,71} = 972,7457 \quad (19)$$

Encontrando o número de Reynolds, pode-se calcular o fator de atrito:

$$\psi = \frac{75}{972,7457} = 0,077101344 \quad (20)$$

Com as informações identificadas pode ser calculada a perda de carga dos sistemas do equipamento:

$$\Delta P = 0,07710134 \times \frac{5 \times 17,9 \times 881,1 \times 543,818456^2}{1,27 \cdot 10^{10}} = 0,15344706 \text{ bar} \quad (21)$$

Estes mesmos cálculos são realizados para as demais partes do equipamento, para encontrar a perda de carga dos componentes e acessórios. No quadro abaixo podem ser visualizados os resultados da perda de carga de cada parte:

Quadro 10 – Perda de Carga dos Acessórios

Componentes e Acessórios	Comprimento Total (m)	dP (bar)
Cruz Giratória	19,40	<b>0,1534</b>
Desenrolador	20,10	<b>0,1590</b>
Controlador de Bordas	11,60	<b>0,0918</b>
Unidade de Alimentação	30,80	<b>0,2436</b>
Endireitadeira Pesada	31,50	<b>0,2492</b>
Endireitadeira Leve	37,70	<b>0,2982</b>
Looping	41,30	<b>0,3267</b>
Alimentador da Guilhotina	24,00	<b>0,1898</b>
Guilhotina	33,90	<b>0,2681</b>
Carros Alimentadores	39,00	<b>0,3085</b>

Nas válvulas existe perda de carga, e para estas válvulas foram consultados os catálogos de peças do fabricante REXROTH. O quadro 11 expressa os resultados da perda de carga de cada válvula:

Quadro 11 – Perda de Carga das Válvulas

Válvulas	dP (bar)
Cruz Giratória	<b>27,5000</b>
Carro Alimentador	<b>15,5000</b>
Desenrolador	<b>68,0000</b>
Controlador de Bordas	<b>15,5000</b>
Unidade de Alimentação	<b>44,5000</b>
Endireitadeira Pesada	<b>41,5000</b>
Endireitadeira Leve	<b>41,5000</b>
Looping	<b>38,5000</b>
Alimentador da Guilhotina	<b>21,0000</b>
Guilhotina	<b>12,0000</b>
Carros Alimentadores	<b>62,0000</b>

Os carros alimentadores e desenrolador expressam uma maior perda de carga, mas, foram calculadas todas as perdas de carga levando em consideração o acionamento de todos os componentes da linha de pressão, gerando assim um valor maior de perda de carga.

Então se chegou à perda de carga total de pressão em cada circuito, com o somatório das perdas de carga dos componentes, acessórios e das válvulas:

Quadro 12 – Perda de Carga total dos sistemas do equipamento

Partes do Equipamento	$\Delta P$	dP	$\Delta P_T$
Cruz Giratória	0,15	27,50	<b>27,65</b>
Carro Alimentador	0,14	15,50	<b>15,64</b>
Desenrolador	0,16	68,00	<b>68,16</b>
Controlador de Bordas	0,09	15,50	<b>15,59</b>
Unidade de Alimentação	0,24	44,50	<b>44,74</b>
Endireitadeira Pesada	0,25	41,50	<b>41,75</b>
Endireitadeira Leve	0,30	41,50	<b>41,80</b>
Looping	0,33	38,50	<b>38,83</b>
Rolos Alimentadores da Guilhotina	0,19	21,00	<b>21,19</b>
Guilhotina	0,27	12,00	<b>12,27</b>
Carros Alimentadores	0,31	62,00	<b>62,31</b>

### 4.3 PROPOSTA DE NOVO CIRCUITO HIDRÁULICO

Todo o sistema hidráulico poderá ser alimentado pela unidade A, o esquema atualizado pode ser observado no Apêndice B, com volume de 250 litros. Para a ligação do sistema será necessária à interligação dos motores hidráulicos das mesas de empilhamento que atualmente estão interligadas na unidade B para as mesas



que estão conectadas na unidade A, serão alimentadas em um ponto comum, devido a eliminação da unidade B.

A guilhotina terá de ser alimentada pela unidade A, para isso, serão interligados os pistões dos cilindros prensa chapas e regulador da navalha com a linha de pressão e retorno. Para a interligação, serão conectadas as mangueiras nas linhas que passam próximo a guilhotina, o que facilita a instalação.

Devido à necessidade do aumento constante da produção e exigências de aumento da eficiência dos equipamentos fabris, foram interligadas as vazões de retorno com a entrada de alimentação do motor hidráulico (linha de pressão), tendo assim um sistema chamado regenerativo, onde uma das características deste sistema é o aumento da vazão e uma sutil perda de carga, parte da vazão irá retornar ao motor e outra para o reservatório. Para que o sistema não entre em colapso, será instalada uma válvula de retenção para que o fluido não retorne pelo mesmo sistema, o diagrama hidráulico é apresentado no Apêndice C. A regulação da vazão será realizada pela válvula reguladora de fluxo dos motores hidráulicos.

A interligação do sistema é uma atividade simples, pois a linha de pressão e a linha de retorno passam próximas aos componentes que serão alterados, facilitando a instalação e adequação.

Levando em consideração que serão utilizados os mesmos componentes hidráulicos, não haverá custo de material, somente será avaliado pela empresa, se a alteração será realizada por equipe de manutenção da fábrica ou por equipe terceira.

## 5 CONCLUSÕES

Observa-se que todo o sistema que sofre algum tipo de alteração, deve ser analisado. Para que um equipamento possa funcionar da melhor forma, uma análise dos dados atuais e comparação com dados de um futuro projeto são alguns dos passos a serem dados para atingir as metas propostas e almeçadas pelo cliente.

O redimensionamento que foi elaborado visou à verificação e análise do projeto, para que fosse possível o entendimento do circuito hidráulico atual. Tendo em vista que a alteração de uma guilhotina hidráulica por uma guilhotina mecânica iria trazer algumas mudanças em todo o circuito hidráulico, foi avaliada a possibilidade de manter apenas uma unidade hidráulica que atendesse a demanda hidráulica do equipamento, também as normas de segurança da seguradora da empresa.

A companhia seguradora requer que equipamentos com recipientes de volume acima de 400 litros de óleo, possuam dispositivos de prevenção contra incêndio e vazamento de óleo hidráulico para o meio ambiente. No entanto, esta instalação é de alto custo e investimento. Devido a isso, foi proposta a utilização de uma ou duas unidades de até 400 litros totais ou unidade de 250 litros.

Todo o circuito hidráulico foi avaliado e chegou-se a conclusão que a unidade hidráulica A, de 250 litros é suficiente para o bom funcionamento de todo o equipamento, pois, as vazões do circuito não ultrapassaram os 39 l/min da bomba hidráulica. Levando em consideração que todos os circuitos não trabalham simultaneamente.

Outra constatação foi que todas as perdas de carga do sistema relacionando as mangueiras, componentes e acessórios, são muito inferiores à perda de carga gerada pelas válvulas. Então se forem instaladas mais mangueiras para poder alimentar todo o circuito não será gerada muita perda de carga.

Um dos questionamentos dos operadores foi à velocidade das mesas no sistema de empilhamento, apontando que poderia ser maior, considerando esta questão, foi sugerida a interligação dos motores hidráulicos em um sistema regenerativo, onde o óleo que passa pelo motor hidráulico retorna à linha de pressão, realizando o aumento de vazão, podendo ainda ser ajustada para uma vazão que resultasse em uma rotação condizente com a função do equipamento, não havendo riscos de queda do material.

Com as alterações propostas, o equipamento irá trabalhar com melhor eficiência, e ainda irá eximir a instalação de um sistema anti-perdas, gerando assim uma grande economia, além da grande melhora em desempenho das mesas da unidade de empilhamento. A proposta do redimensionamento será avaliada pela empresa, e será colocada em pauta a realização ou não das alterações propostas nesta pesquisa.

## **6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Para uma melhora da produtividade ou uma futura modificação do processo de operação normal do circuito, é proposta a instalação, na unidade A, de um sistema de refrigeração forçada e uma bomba hidráulica de 64,2 l/min, bomba da unidade B.

Havendo a possibilidade de serem somadas as vazões de uma bomba hidráulica de 39 l/min com uma de 64,2 l/min, resultando assim, uma unidade com vazão máxima de 100,2 l/min, com a interligação em paralelo entre as duas bombas hidráulicas.

Como o equipamento possui um sistema de refrigeração e não será utilizada toda a vazão do sistema, o volume desta unidade é suficiente para o bom funcionamento de todo o sistema hidráulico, no entanto, serão trocadas as válvulas que possuam limite de vazão inferior a 100 l/min.

Com vazão de até 100,2 l/min será possível trabalhar com mais de um operador, podendo assim, serem acionados mais componentes hidráulicos, havendo um operador carregando a bobina, processando e descarregando.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Felipe dos Santos. **Projeto de bancada hidráulica de testes de válvulas direcionais**. Itatubia, SP: USF, 2009. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica), Automação e Sistemas, Universidade São Francisco, 2009.

BRUNETTI, Franco. **Mecânica dos Fluidos**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

FIALHO, Arivelto Busatamante. **Automação Hidráulica: Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos**. 6 ed. São Paulo: Érica, 2011.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LINSINGEN, I. V. **Fundamentos de Sistemas Hidráulicos**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003.

NEGRI, Victor Juliano de. **Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos para Automação e Controle: Parte III – Sistemas Hidráulicos para Controle**. LASHIP, UFSC Florianópolis, 2001.

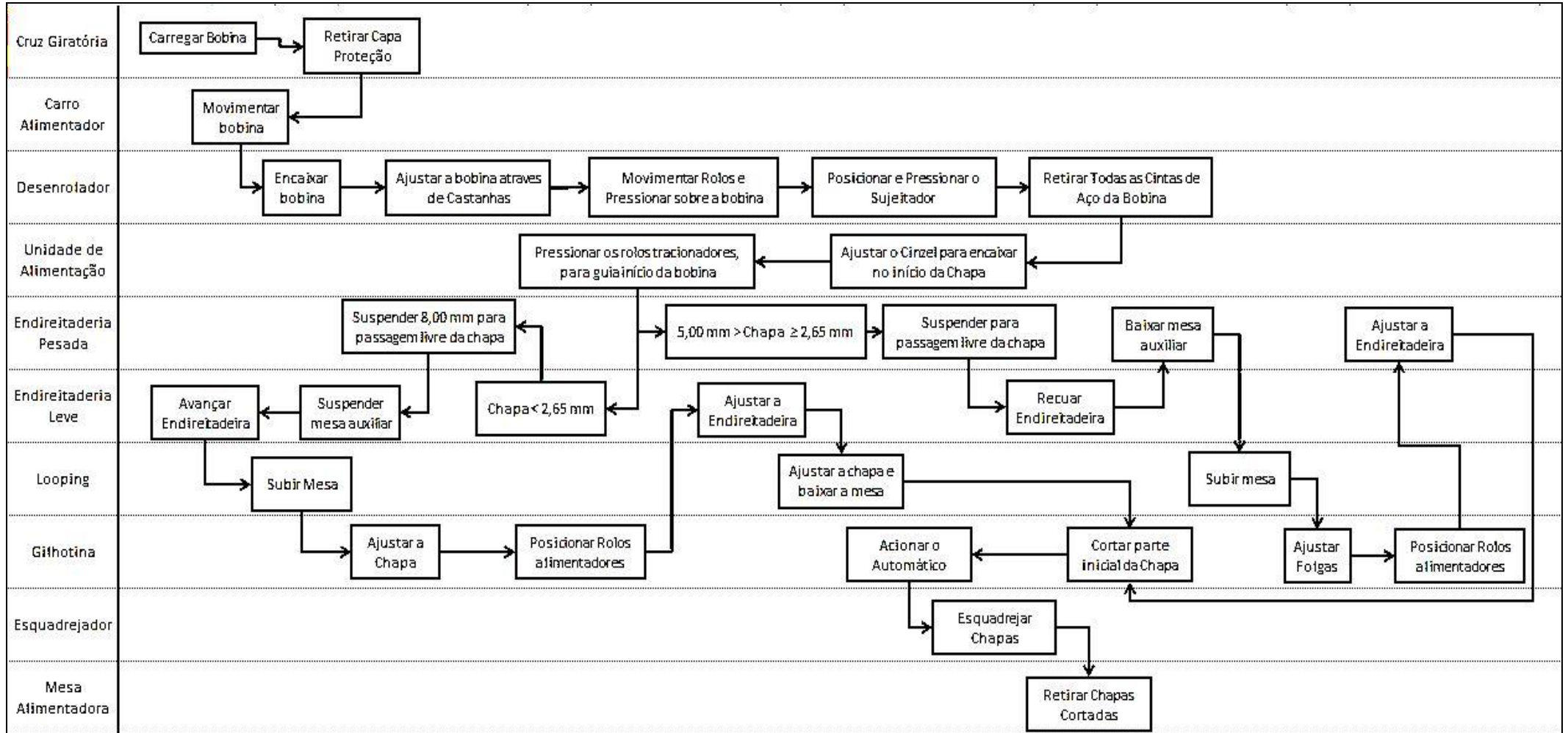
PALMIERI, A. C. **Manual de Hidráulica Básica**. 9. ed. Porto Alegre: Albarus Sistemas Hidráulicos Ltda, 1994.

RENNER, Rogério. **Projeto e Construção de uma unidade de potência e condicionamento hidráulico**. Panambi, RS: UNIJUI, 2010. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica), Curso de Engenharia Mecânica, 2010.

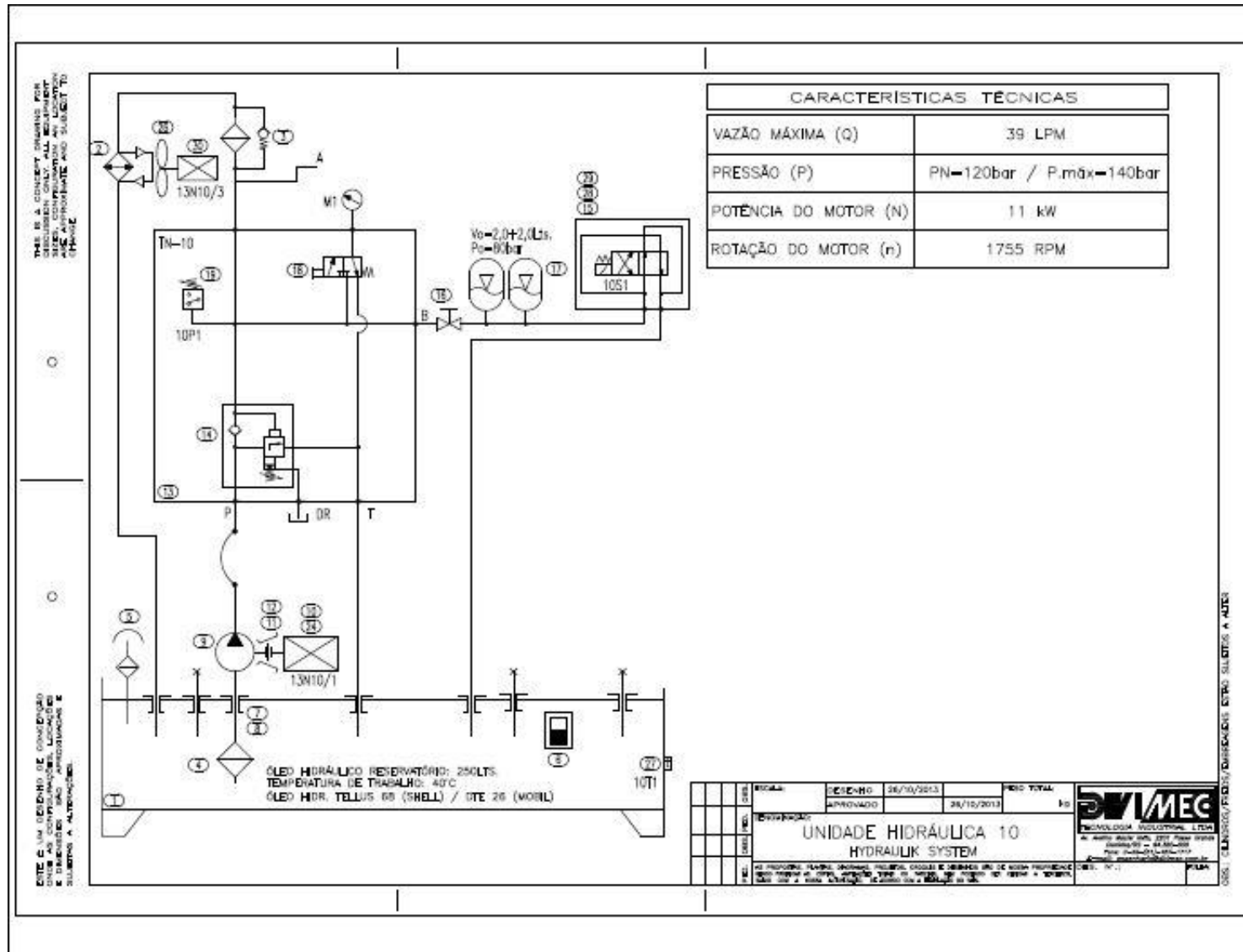
REXROTH. **Componentes Hidráulicos**. Disponível em: <[http://www.boschrexroth.com.br/country\\_units/south\\_america/brasil/pt/index.jsp](http://www.boschrexroth.com.br/country_units/south_america/brasil/pt/index.jsp)> Acesso em: 21 out. 2013.

SANDRETTO DO BRASIL. **Hidráulica**. Disponível em: <<http://www.sandretto.com.br/site/estudos/ApostilaBasicadeHidraulica.pdf>> Acesso em: 06 mai. 2013.

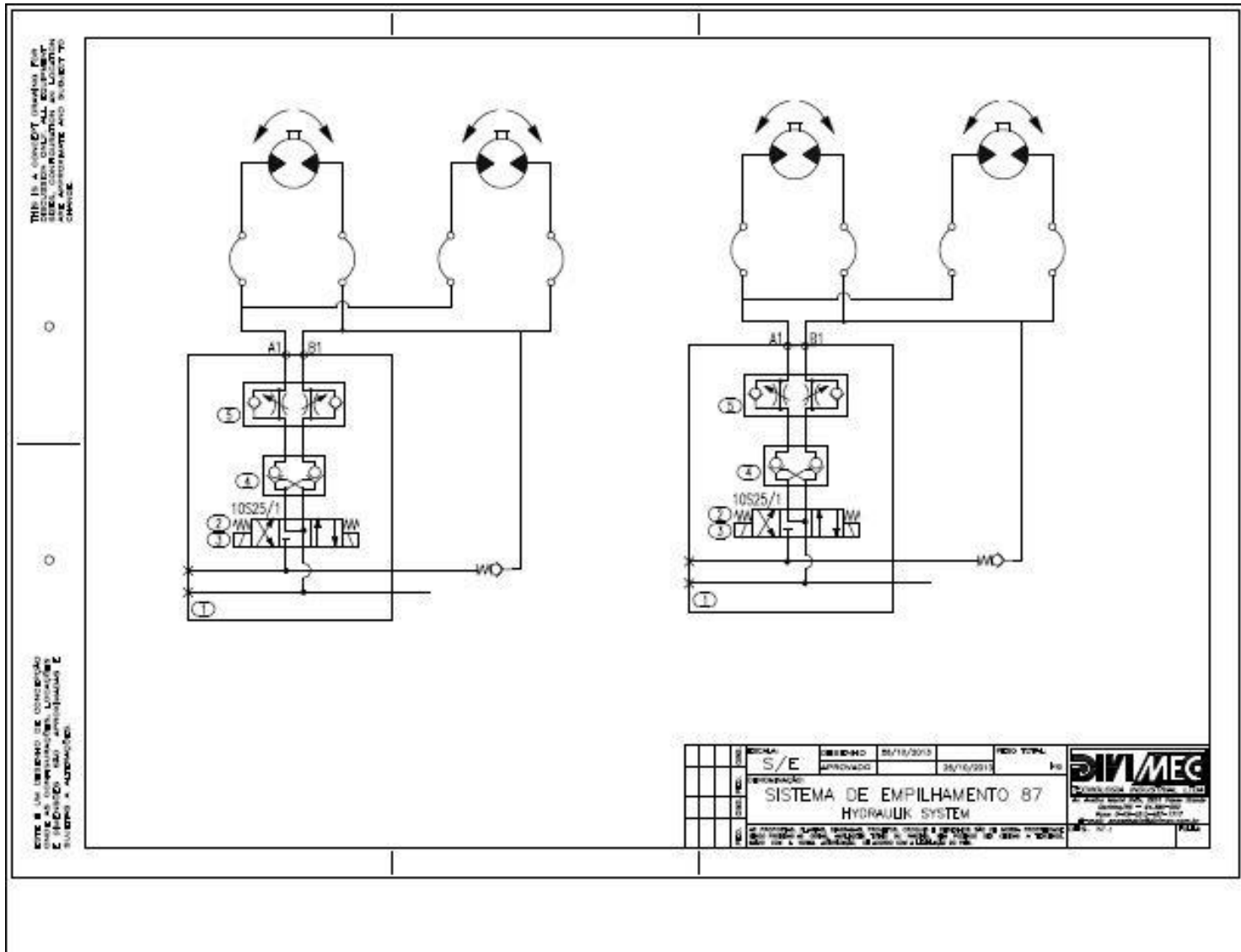
## APÊNDICE A – Fluxograma dos acionamentos e funções do equipamento



## APÊNDICE B – UNIDADE HIDRÁULICA A (250 litros)



## APÊNDICE C – UNIDADE DE EMPILHAMENTO





## APÊNDICE D – PARTES DO EQUIPAMENTO



## APÊNDICE E – PARTES DO EQUIPAMENTO



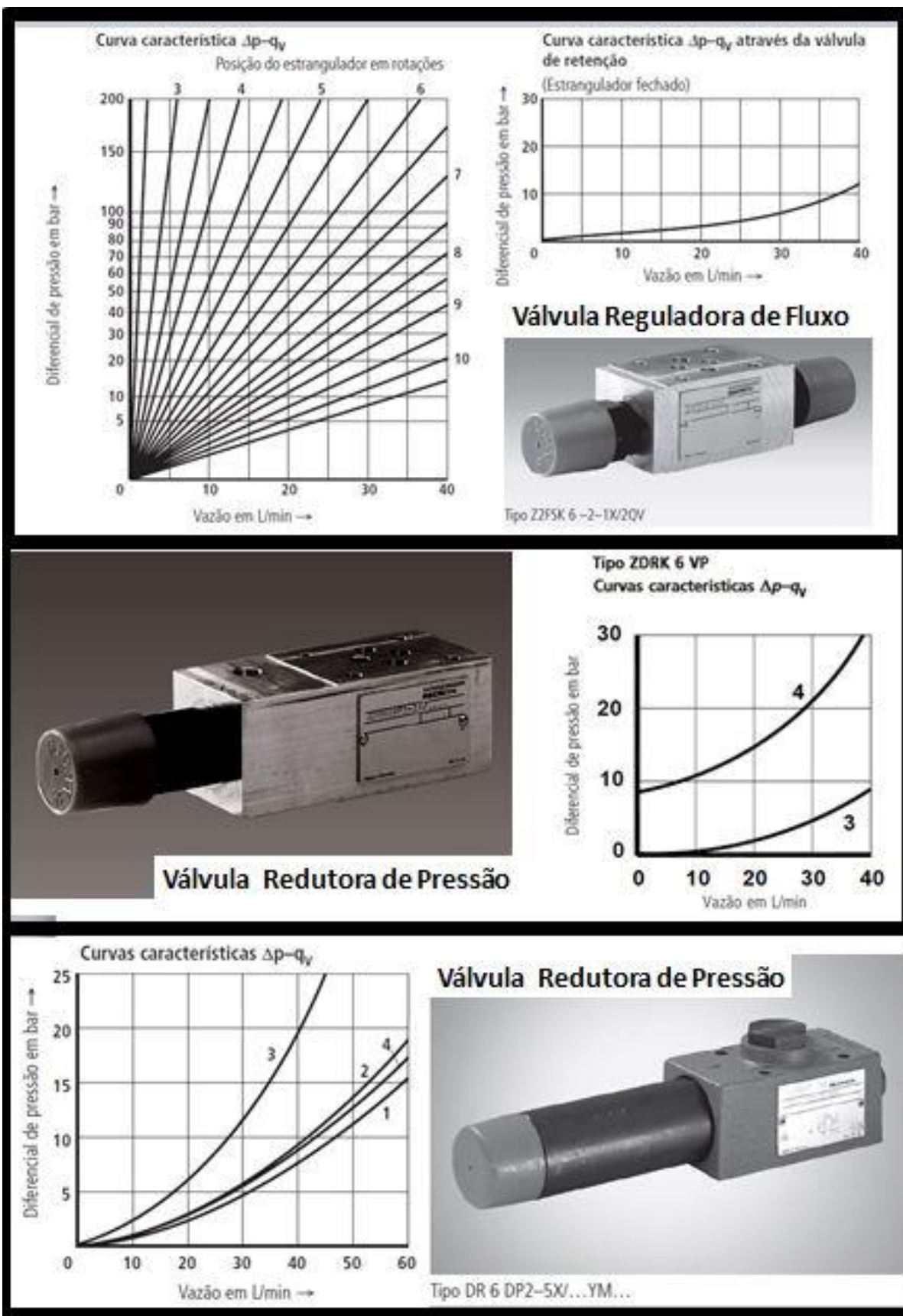
## ANEXO A – Comprimentos Equivalentes

Diâmetro		Cotovelo 90° R. Longo	Cotovelo 90° R. Médio	Cotovelo 90° R. Curto	Cotovelo 45°	Curva 90° R. Longo	Curva 90° R. Curto	Curva 45°
Cm	Pol.							
<b>Comprimento equivalente - L<sub>2</sub> (Cm)</b>								
0,32	1/8	10,01	10,01	10,01	10,01	10,01	10,01	10,01
0,64	1/4	19,99	20,24	30,00	10,01	10,01	19,99	10,01
0,95	3/8	19,99	30,00	40,01	19,99	19,99	19,99	19,99
1,27	1/2	30,00	40,01	50,01	19,99	19,99	30,00	19,99
1,59	5/8	30,00	50,01	59,99	19,99	19,99	30,00	19,99
1,91	3/4	40,01	59,99	70,00	30,00	30,00	40,01	19,99
2,22	7/8	40,01	59,99	70,00	30,00	30,00	40,01	40,01
2,54	1	50,01	70,00	80,01	40,01	30,00	50,01	19,99
2,86	1 1/8	60,02	80,01	100,00	50,01	40,01	59,99	30,00
3,18	1 1/4	70,00	89,99	110,01	50,01	40,01	59,99	30,00
3,49	1 3/8	80,01	100,00	119,99	59,99	50,01	69,85	30,00
3,81	1 1/2	88,58	110,01	181,18	59,99	50,01	69,85	30,00
4,13	1 5/8	100,00	119,99	140,00	70,00	50,01	80,01	30,00
4,45	1 3/4	108,28	130,00	150,01	70,00	59,99	80,01	40,01
4,76	1 7/8	110,01	130,00	159,99	83,16	59,99	89,99	40,01
5,08	2	108,28	140,00	170,00	83,16	59,99	84,91	40,01
0,32	1/8	10,01	30,00	30,00	10,01	80,01	70,00	89,99
0,64	1/4	10,01	50,01	50,01	10,01	240,00	130,00	180,01
0,95	3/8	19,99	80,01	80,01	10,01	370,00	200,00	270,00
1,27	1/2	30,00	100,00	100,00	10,01	489,99	259,99	359,99
1,59	5/8	30,00	119,99	119,99	10,01	580,01	310,01	459,99
1,91	3/4	40,01	140,00	140,00	10,01	670,00	436,19	559,99

Diâmetro		Tê de Passagem Direta	Tê de Saída Lado	Tê de Saída Bilateral	Registro de Gaveta	Registro de Globo	Registro de Ângulo	Válvula de Pé e Crivo
Cm	Pol.							
<b>Comprimento equivalente - L<sub>2</sub> (Cm)</b>								
2,22	7/8	40,01	152,97	150,01	10,01	740,00	410,01	640,00
2,54	1	50,01	170,00	170,00	23,14	819,48	459,99	730,00
2,86	1 1/8	60,02	200,00	200,00	23,14	980,01	559,99	870,00
3,18	1 1/4	70,00	230,00	230,00	23,14	1130,00	559,99	1000,00
3,49	1 3/8	80,01	270,15	270,15	30,00	1240,00	670,00	1080,01
3,81	1 1/2	89,99	280,01	280,01	30,00	1340,00	719,99	1159,99
4,13	1 5/8	100,00	300,00	300,00	30,00	1440,00	759,99	1219,99
4,45	1 3/4	100,00	319,99	319,99	40,01	1540,00	810,01	1250,14
4,76	1 7/8	110,01	330,00	330,00	40,01	1640,00	850,01	1300,00
5,08	2	110,01	350,01	350,01	40,01	1740,00	930,00	1300,00

## ANEXO B – Perda de Carga Válvulas Rexroth



## ANEXO C – Perda de Carga Válvulas Rexroth

**$\Delta p - q_v$  - Curvas características**

7 símbolo "R" na posição de comutação B - A  
 8 símbolo "G" e "T" na posição central P - T  
 9 símbolo "H" na posição central P - T

Símbolo	Sentido da Vazão			
	P - A	P - B	A - T	B - T
A: B	3	3	-	-
C	1	1	3	1
D: Y	5	5	3	3
E	3	3	1	1
F	1	3	1	1
T	10	10	9	9
H	2	4	2	2
J: Q	1	1	2	1
L	3	3	4	9
M	2	4	3	3
P	3	1	1	1
R	5	5	4	-
V	1	2	1	1
W	1	1	2	2
U	3	3	9	4
G	6	6	9	9

**Válvula Direcional**

**Curvas características  $\Delta p - q_v$**

7 Símbolo "R" na posição de comutação "b" (A -> B)  
 8 Símbolo "G" e "T" na posição central (P -> T)

Símbolos	Sentido da vazão			
	P-A	P-B	A-T	B-T
A	3	3	-	-
B	3	3	-	-
C	1	1	3	1
D	5	5	3	3
E	3	3	1	1
F	1	3	1	1
G	6	6	9	9
H	2	4	2	2
J	1	1	2	1
L	3	3	4	9
M	2	4	3	3
P	3	1	1	1
Q	1	1	2	1
R	5	5	4	-
T	10	10	9	9
U	3	3	9	4
V	1	2	1	1
W	1	1	2	2
Y	5	5	3	3

**Válvula Direcional Manual**

**Curva característica  $\Delta p - q_v$  (A1 para A2)**

Com vedação macia  
 Com vedação metálica  
 Limite de utilização para válvula com vedação macia

**Válvula de Retenção**