



SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO PROJETO DE UMA ADAPTAÇÃO EM UMA ESCAVADEIRA HIDRÁULICA DA GARRA TRAÇADORA PARA PROMOVER O CORTE DA MADEIRA

Ronan Lima Souza

Pedro Américo A. M. Júnior

Ana Laura Mendonça Almeida Magalhães

ronanlims@gmail.com

pamerico@pucminas.br

almam2000@gmail.com

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – Avenida Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil – 30535-610

Resumo. A escavadeira hidráulica é um equipamento utilizado em diversas áreas, sendo as principais a mineração e a construção civil. Este equipamento tem sua aplicação básica no processo de escavação de solo e carregamento de material através de uma caçamba fixada na extremidade do seu braço. Na área florestal, mais especificamente no corte e manuseio de madeira, existem equipamentos semelhantes, porém equipados com implementos para tal aplicação. É o caso do equipamento Harvester equipado com uma garra traçadora para corte de árvores com até doze metros de altura. O projeto tem como objetivo a adaptação em uma escavadeira hidráulica da garra traçadora, um implemento que consiste de uma serra hidráulica que através de um conjunto de cilindros irão promover o corte da madeira. O mercado oferece escavadeiras similares com o mesmo implemento, porém, apresentam um preço final de venda bem mais elevado, isso se dá devido a necessidade de um kit para adaptação da garra. Todos projetos de adaptação da garra consiste de componentes hidráulicos como válvulas direcionais, válvulas reguladoras de pressão, bombas e motores hidráulicos.

Keywords: Escavadeira hidráulica. Garra traçadora. Sistemas óleos-hidráulicos.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade do projeto e sua justificativa surgem com a busca no mercado de máquinas por um equipamento onde o custo de investimento inicial fosse baixo, que tivesse um alto nível de produtividade e baixo custo de manutenção para ser utilizado no processo de extração de madeira mais especificamente no corte de eucaliptos. (Baptista, 2003)

A empresa que solicitou a adaptação da garra traçadora atua no mercado de corte e movimentação de eucaliptos para empresas do setor siderúrgico. Anteriormente o processo era feito através de moto serras convencionais operadas manualmente, tendo baixa produtividade, além do desgaste físico e mental causado pela jornada de trabalho intensa.

O objetivo deste trabalho foi apresentar o estudo e a viabilidade para instalação de uma garra traçadora, utilizada no corte de madeira, a partir de alterações no sistema hidráulico da escavadeira LiuGong 922. Essa instalação visa aumentar a produtividade, assim como reduzir o risco de acidentes com operadores de moto serra. (Eaton, 2007)

Durante o dimensionamento do projeto foram levadas em considerações algumas adequações como a alteração do circuito hidráulico das bombas associando-as em paralelo para atender a vazão necessária ao funcionamento da garra. Outra necessidade era preparar o circuito do engate rápido, disponível no equipamento para receber o circuito de giro da garra, rotator. Por fim, dimensionar um sistema de alívio para o motor hidráulico da serra em relação à descida do sabre. (Fox e McDonald, 1995)

2 DESENVOLVIMENTO

O equipamento onde será montada a garra traçadora, trata-se de uma escavadeira hidráulica modelo 922C do fabricante LiuGong. Este equipamento possui um peso operacional de 22000 Kgf, e a caçamba um volume de carga de no máximo 1,3 m³. É equipada com motor diesel Cummins modelo 6BT 5.9 cilindradas com torque máximo de 614 Nm a uma rotação de 1500 rpm e com potência líquida de 138 cv a uma rotação de 1950 rpm.

O sistema hidráulico da escavadeira é responsável por todos os movimentos dos braços através dos cilindros hidráulicos, pela translação e rotação do carro superior. É equipado com um conjunto de bombas Kawasaki modelo K3V112DT, constituído de três bombas sendo duas delas do tipo pistão e uma de engrenagens. As bombas de pistão têm a vazão nominal de 200 lpm cada e pressão máxima 320 bar. Ainda sobre o sistema hidráulico, possui um bloco principal que direciona a vazão para os vários circuitos da máquina onde estão localizadas a maioria das válvulas reguladoras. (Reis, 2009)

2.1 Descrição do produto

Este equipamento é largamente utilizado na construção civil e mineração. Em ambas aplicações tem por objetivo principal, a desagregação do solo, escavações e carregamento de material desagregado. Pode-se ainda trabalhar com o rompedor hidráulico, uma espécie de martelo de impacto com objetivo de romper estruturas sólidas como concreto e grandes pedras.

A escavadeira modelo 922 LiuGong (FIG. 16), escolhida para a instalação da garra traçadora é um equipamento considerado semi-móvel, pois sua locomoção acontece em baixa velocidade através de um conjunto de esteiras acionadas por motores hidráulicos acoplados a redutores. No caso de atividades em locais onde há terrenos irregulares e instáveis, como lama ou areia, este tipo de locomoção é mais indicada, pois permite maior aderência.

O sistema de escavação do equipamento é composto por um braço de elevação que é acionado por dois cilindros hidráulicos, este braço por sua vez sustenta o braço de profundidade onde está localizada a caçamba de escavação. (Monachesi, 2005)

Todo o funcionamento do equipamento é monitorado através de sensores dispostos no conjunto de bombas, motor diesel, em componentes de acionamento dentro da cabine do equipamento e ao longo do circuito hidráulico.

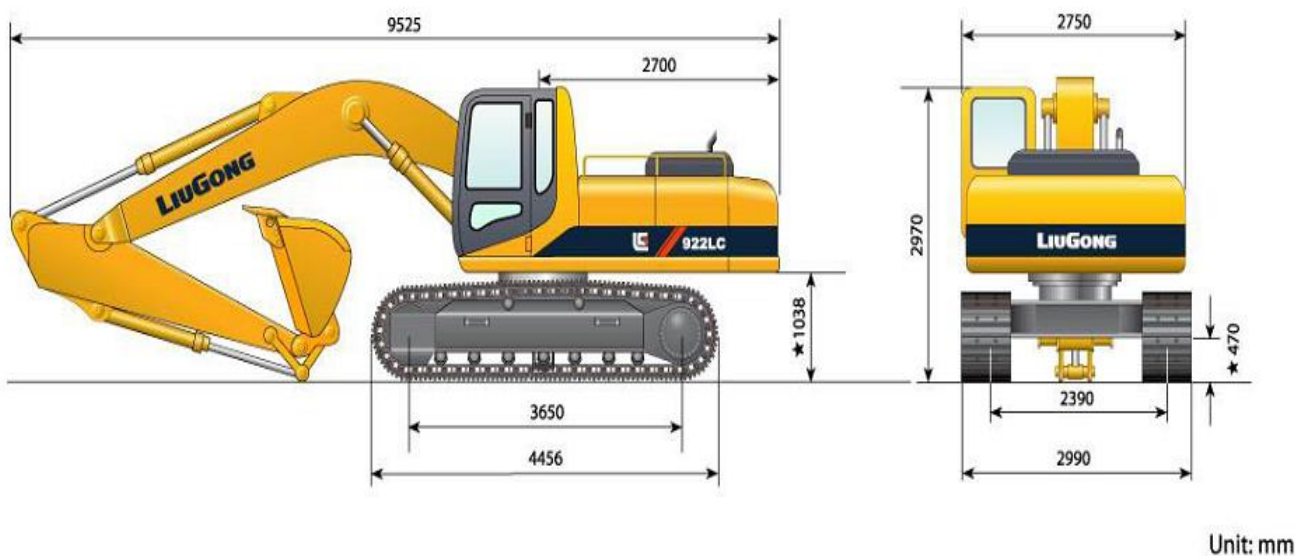


Figura 1 - Escavadeira LiuGong 922

2.2 Descrição do acessório

A Garra Traçadora (FIG. 17) é um dispositivo capaz de promover a fixação de um feixe de toras e em seguida efetuar o traçamento ou corte destas. A fixação do feixe é feita através das chamadas pinças (garras) que tem o seu movimento de abrir e fechar realizado por um cilindro hidráulico. O corte da madeira é realizado pelo sabre (moto serra), sistema equipado por um motor hidráulico acoplado a serra que é composta de uma corrente onde estão fixadas as ferramentas de corte. O rotator, outro componente do circuito, é um motor hidráulico capaz de promover o giro de todo conjunto traçador.



Figura 2 - Garra traçadora

2.3 Descrição do funcionamento

A operação começa com o deslocando da garra traçadora em vazio que corresponde ao movimento de busca das toras. Para este movimento é necessário o acionamento do braço de profundidade da escavadeira para alcançar o feixe de toras. Em seguida são abertas as pinças (garras) que irão agrupar as toras para que não se desloquem no momento do corte conforme Figura 18.

O corte inicia-se com a descida do sabre (moto serra), logo após o motor hidráulico acoplado ao mesmo é acionado iniciando o corte da madeira. O ciclo é finalizado após todas as toras terem sido cortadas e em sequência o retorno do sabre.

2.4 Dimensionamento

Durante o desenvolvimento do projeto foram necessárias alterações no circuito hidráulico da escavadeira em função das especificações do acessório a ser instalado. Será necessária a realização dos cálculos de potência, perda de carga, vazão e pressão dos componentes e circuitos a fim de, verificar se suas especificações atendem a necessidade do projeto.

O projeto original da escavadeira hidráulica conta com um circuito pré-disposto que pode ser utilizado como função auxiliar das principais funções da escavadeira. Pode ser utilizado

para a instalação de um martelo hidráulico usado na quebra de estruturas de concreto armado, por exemplo.

O projeto de adaptação da garra traçadora surgiu a partir desse circuito pré-disposto, aproveitando as tubulações, mangueiras e fazendo pequenos ajustes nas conexões que ligam a garra no circuito da escavadeira.

2.4.1 Bombas

O circuito de translação ou locomoção da escavadeira é composto de uma válvula chamada de translação reta. Essa válvula é acionada no momento em que a escavadeira está se locomovendo. Sua função é associar as bombas hidráulicas em paralelo para evitar desvios na trajetória, já que cada esteira ou conjunto de locomoção é alimentado por uma bomba. Foram propostas alterações neste circuito para resolver o problema da associação das bombas em paralelo.

3 RESULTADOS

Através dos cálculos, a potência de 146,88 cv fornecida pelo motor diesel é suficiente para atender a potência de 126,42 cv requerida no acionamento do conjunto de bombas, lembrando que nas alterações realizadas a vazão total do sistema foi aumentada. Em relação à potência de 113,76 cv disponibilizada pelas bombas, conclui-se que é suficiente para atender o motor hidráulico da serra cuja potência está em torno de 108,38 cv.

Para atender a necessidade de vazão do motor hidráulico da serra, foi necessária a associação em paralelo das bombas hidráulicas. Cada bomba disponibiliza no máximo 200 lpm e o motor necessita no mínimo de 245,2 lpm. Com as bombas associadas, a vazão atingiu o valor de 400 lpm suficiente para alimentar o motor.

Nos cálculos da perda de carga foi encontrado o valor de 62,52 bar. A pressão máxima do sistema é de 320 bar, a de trabalho da serra 241 bar ficando uma pressão disponível de 257,48 bar atendendo a demanda do motor hidráulico.

Para a associação das bombas hidráulicas em paralelo foram utilizados alguns recursos como a colocação de um solenóide fechando a linha de acionamento das válvulas direcionais a tanque. Isto provoca o aumento da pressão nessa linha e faz com que a válvula de translação reta do circuito da escavadeira seja acionada, tornando possível a associação. Ainda em relação à segunda bomba cujo circuito não passa diretamente pela válvula direcional, foi necessária a pilotagem da válvula de corte na linha de acionamento. Com essa interrupção a ação da mola presente na placa da bomba faz com os pistões aumentem o curso elevando a vazão da bomba.

No projeto foram realizadas modificações do circuito de engate rápido para a alimentação do rotator que gira a garra. O engate rápido nada mais é que um dispositivo composto de dois cilindros ligados em paralelo que facilitam a troca da caçamba sem o manuseio de ferramentas. Esse circuito não seria utilizado no processo de corte da madeira logo, a alimentação do rotator foi feita através dele com a substituição do solenóide de duas posições on/off por um de três

posições com a posição central fechada. Nessa condição de centro fechado o rotator fica em posição de repouso quando não está sendo utilizado.

A tabela 1 mostra as especificações dos componentes utilizados no projeto. Nela encontram-se os valores das potências disponíveis ou úteis versus as potências requeridas para o acionamento de cada componente. Na tabela 2, tem-se a comparação dos projetos. Logo abaixo das especificações encontra-se os dados de perda de carga no circuito obtidos através da equação:

$$\Delta P = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2 \times \rho}{9266} \times \frac{1}{215915} \quad (1)$$

Onde,

ΔP = Perda de carga no sistema (bar)

f = Fator de fricção (número puro)

L = Comprimento total da tubulação (cm)

D = Diâmetro (cm)

V = Velocidade (cm/s)

ρ = Massa específica (kg/m³)

215915×9266= Fator de conversão para a uniformização das unidades

$L = L_i + L_s$

Onde,

L = Comprimento total da tubulação

L_i = Comprimento da tubulação retilínea

L_s = Comprimento equivalente das singularidades (curvas, cotovelos, etc)

Tabela 1 - Resultados Obtidos

COMPONENTES	PRESSÃO (bar)	VAZÃO (lpm)	POTÊNCIA (cv)	
			Fornecida	Requerida
Bombas KAWASAKI K3V	320	200	113,56	126,42
Motor diesel CUMMINS 6BTU			146,88	—
Motor Hidráulico da Serra PARKER M350	221	245,2	108,38	120,42
Rotator INDEXATOR GV12S	250	25	12,5	13,89
PERDA DE CARGA NO SISTEMA				
Localização				ΔP (bar)
Bomba / Comando				3,08
Mangueira comando / Tubulação principal				2,67
Tubulação intermediária				4,33
Tubulação principal				13,66
Mangueira entre o braço de elevação e o braço de profundidade				4,5
Tubulação de aço / mangueira da garra traçadora				4,63
Mangueira em U				4,98
Tubo reto semi-braço				4,63
Mangueira semi-braço / garra				6,07
Mangueira manifold garra traçadora / Motor hidráulico				3,97
Manifold de alimentação da moto serra				10
TOTAL				62,52

Tabela 2 - Projeto original x Projeto modificado

ESCAVADEIRA 922		
ESPECIFICAÇÕES	PROJETO ORIGINAL	PROJETO MODIFICADO
CIRCUITO	Rompedor Hidráulico	Garra traçadora
APLICAÇÃO	Demolições de concreto	Corte de madeira
CICLO	400 ~ 800 Batidas por minuto	15 segundos por feixe de toras
PRESSÃO DE TRABALHO	180 bar	221 bar
VAZÃO	150 lpm	245,2 lpm
TEMPERATURA DE TRABALHO	80°C ~ 83°C	80°C ~ 85°C
PERDA DE CARGA	51,47 bar	62,52 bar
POTÊNCIA	60 cv	108,38 cv

4 CONCLUSÃO

Este trabalho forneceu uma alternativa para adaptação de uma garra traçadora, acessório utilizado para corte de madeira, em uma escavadeira hidráulica LiuGong 922, equipamento projetado para atividades no setor da construção civil. A proposta apresentada utilizou o próprio circuito hidráulico do equipamento sendo realizadas algumas modificações para atender as especificações técnicas do acessório a ser instalado.

No decorrer do projeto dentre as modificações realizadas a associação das bombas em paralelo foi a principal preocupação. Neste sentido foi necessária à instalação no circuito da válvula de translação reta, uma válvula solenóide fechando a ida do óleo a tanque e assim associando as bombas em paralelo. Para garantir a vazão máxima da segunda bomba, foi acionada a válvula controladora de vazão utilizando a linha que aciona a válvula direcional da garra. Ainda no circuito do motor hidráulico, foi instalado um manifold com o objetivo de aliviar descida sabre devido ao atrito entre a corrente de corte e o feixe de toras. Estas alterações foram suficientes para atender a vazão mínima de trabalho do acessório, 245,2 bar e possibilitar o corte completo do feixe em apenas um movimento.

Para alimentar o circuito giratório da garra foi utilizado o circuito do engate rápido com alteração da válvula direcional. A válvula direcional 4/2 vias do circuito original fora substituída por uma 4/3 vias com posição central fechada.

Na atividade de corte dos eucaliptos, manualmente eram usadas moto serras convencionais que gastavam um tempo médio de 30 segundos para cortar apenas uma tora de eucalipto, enquanto utilizando a garra traçadora é possível realizar o corte de aproximadamente dez toras de eucalipto em quinze segundos aumentando a produtividade e diminuindo consideravelmente o risco de acidentes com os operadores de moto serra.

A BHM Equipamentos possui agora um recurso para a instalação de garra traçadora com baixo custo, de fácil instalação garantindo um desempenho satisfatório quanto à velocidade de corte em comparação aos equipamentos disponíveis no mercado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUCMINAS e a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

Ábaco de Moody. Disponível em: < [http://www.google.com.br/imgres?q=abaco +de+moody](http://www.google.com.br/imgres?q=abaco+de+moody)>. Acesso: 17/05/2012.

Apostila de Hidráulica. Disponível em <<http://professormarciogomes.files.wordpress.com/2008/09/apostila-completa.pdf>>. Acesso em: 30 mar 2012.

Baptista, Marcio; Lara, Márcia, Fundamentos de Engenharia Hidráulica, Editora UFMG, Minas Gerais, 2003.

Bomba Gerotor. Disponível em <<http://www.moroso.com/articles/articledisplay3.asp?article=AboutGerotorPumps.html>>. Acesso em: 30 mar 2012.

Bomba Hidráulica de Engrenagens. Disponível em < <http://chicobiela.nafoto.net/photo20100323080719>>. Acesso em: 26 mar 2012.

Catalogo de Mangueiras Aeroquip. Disponível em:<[http://www. powerflex-fhp.nl/local/anniecms/1/images/Reusable_EA001J.pdf](http://www.powerflex-fhp.nl/local/anniecms/1/images/Reusable_EA001J.pdf)>. Acesso: 05/05/2012

Catalogo de Válvulas Direcionais. Disponível em: <http://www.boschrexroth.com/various/utilities/mediadirectory/index.jsp?publication=NET&language=enGB&ccat_id=20000&remindCcat=on&pagesize=50&search_action=submit&search_query=22069&History=&DisplayType=pict>. Acesso: 05/05/2012.

Eaton, Aeroquip, Fluid Conveyance Products, 2007, Master Catalog, 2007.

Especificações Garra Traçadora. Disponível em: <http://www.msu.com.br/downloads/garra_tracadora.pdf>. Acesso: 05/05/2012.

Foc, Robert W.; McDonad, Alan T., Introdução a mecânica dos fluidos, Editora Afiliada, Rio de Janeiro, 4º edição, 1995.

Garra Traçadora Roder GT-500. Disponível em: <<http://www.colheitademadeira.com.br/galeria-fotos/393/garra-tracadora-roder-gt-500.html>>. Acesso: 05/05/2012.

Historia da Hidráulica. Disponível em <<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/historia/historiadelahidraulica/historiadelahidraulica.html>>. Acesso em 05/04/2012

Macintyre, Archibald Joseph, Bombas e Instalações de Bombeamento, Editora Guanabara S.A., Rio de Janeiro, 1987.

Manual de Bomba Kawasaki K3V. Disponível em: <http://www.kpm-uk.co.uk/getdoc/56f67bf5-f648-46dd-a5c5-8de3be44bda9/k3vk5v_0902.aspx>. Acesso: 05/05/2012.

Manual de Serviços da Escavadeira 922. Disponível em <<http://www.bhmaquinas.com.br/site/wp-content/uploads/escavadeiras/382/especificacoes.pdf>>. Acesso: 05/05/2012.

Monochesi, Marcelo, Eficiência energética em sistemas de bombeamento, Editora Eletrobrás, Rio de Janeiro, 2005.

Reis, Mara Nilza Estanislau, Comandos Hidráulicos e Pneumáticos, 1º semestre 2009.

Trocadores de Calor. Disponível em <<http://www.dequi.eel.usp.br/~felix/Trocadores.pdf>>. Acesso em: 30 mar 2012.