

Documento para treinamento

As influências do vento na operação do guindaste



LIEBHERR

Impresso:

4ª edição 2017

Liebherr-Werk Ehingen GmbH

Dr.-Hans-Liebherr-Straße 1

D-89582 Ehingen/Donau

www.liebherr.com

Schulungszentrum.LWE@liebherr.com

Todos direitos reservados



Quando o vento sopra.

Onde houver pessoas trabalhando, erros são cometidos. Justamente nas operações com guindastes as condições de vento podem apresentar um perigo potencial que não deve ser subestimado. O operador deverá tomar as devidas precauções para que o guindaste não seja exposto a qualquer vento que venha a exceder os limites estabelecidos pelo fabricante. Da mesma forma, as decisões e medidas adequadas devem ser tomadas em tempo hábil, para que o guindaste nunca se encontre em uma condição insegura devido as influências do vento.

Existindo perigo, o operador deverá implementar as ações que foram definidas pelo contratante. Assim, o operador do guindaste decide em situações de emergência no local, se o vento está muito forte e se o trabalho deve ser interrompido. Por isso é importante ser avisado com antecedência sobre tempestades prolongadas e em larga escala. São especialmente perigosas as rajadas de vento localizadas, que podem ocorrer, por exemplo, junto com aguaceiros e trovoadas.

A presente apostila de treinamento serve para informar os operadores de guindastes, os planejadores do projeto e também as empresas operadoras de guindastes além de mostrar exemplos de opções de ação para a operação do guindaste sob condições de vento. Para começar, vamos introduzi-lo aos fundamentos da carga do vento. À medida que avançarmos mostraremos como as cargas de vento e também casos especiais de içamento de cargas, como montagem de geradores eólicos, podem ser calculadas. Também mostraremos quais são as informações necessárias para tanto.

Criamos esta documentação de forma tal que o leitor possa adquirir as informações relevantes, mesmo através do estudo individual, de acordo com seu nível de conhecimento. Os exemplos e problemas servem como ilustrações e fornecem a oportunidade para a prática. Além disso, você pode encontrar conselhos úteis e auxílio para o seu trabalho no dia-a-dia com o guindaste.

A apostila de treinamento não tem a pretensão de ser completa e não substitui as instruções de operação e as tabelas de carga do respectivo guindaste Liebherr. Aqui só podemos recomendar cautela quando se trabalha com instalações pesadas e oferecer os nossos mais de quarenta anos de experiência como um dos principais fabricantes de guindastes.

LIEBHERR-Werk Ehingen GmbH



Como você deve trabalhar com este documento?



Explicação dos Símbolos

Pergunta sobre o material apresentado no parágrafo anterior.
(Compare as suas respostas com a solução no final do documento)



Nota Importante / informações sobre o tema atual.



Indica uma situação perigosa em relação ao tema atual.

Nota:

As margens esquerda e direita de cada página servem para fazer as suas próprias anotações sobre o tema do curso. Estas notas pessoais, juntamente com as já fornecidas, deverão ajudar na compreensão e na recapitulação.

Instruções de Trabalho:

- Primeiramente leia com atenção o texto do capítulo.
- Revise o conteúdo do capítulo com a ajuda das notas impressas e das suas próprias anotações nas margens.
- Responda às questões colocadas no final do capítulo (Se possível sem consultar)
- As soluções para todas as perguntas podem ser encontradas no final do documento.
- Se você não conseguir responder às perguntas sem consultar o texto, então estude o capítulo mais uma vez.
- Só então você deverá passar a estudar o próximo capítulo.
- No final do documento verifique se você atingiu os objetivos do estudo aqui relacionados.

Objetivos do Estudo:

Depois de ter trabalhado com este documento, você deve:

- Conhecer as diversas influências do vento sobre a operação do guindaste.
- Ser capaz de citar os conceitos técnicos para o cálculo da força do vento.
- Ser capaz de calcular a carga do vento para um caso de carga normal e para um caso de carga especial.
- Ser capaz de calcular a nova velocidade da rajada de vento máxima permitida.



Tabela de componentes

1. Introdução e apresentação dos problemas	7
1. 1 Influência do vento sobre o guindaste e sobre a carga.....	8
1. 2 Exercícios.....	11
2. Noções Básicas sobre „Vento“	12
2. 1 Rajadas e rugosidades.....	14
2. 2 Ventos e informações meteorológicas	17
2. 2. 1 Velocidade da rajada de vento dependente da altura	18
2. 3 Exercícios.....	19
3. Anexo – Esquema de geradores eólicos.....	20
4. Fatores do cálculo da força do vento.....	22
4. 1 Coleta dos valores disponíveis.....	22
4. 1. 1 Peso de carga a ser içada (m_H).....	22
4. 1. 2 Área projetada máxima (A_p)	22
4. 1. 3 Valor- c_w	23
4. 1. 4 Velocidade do Vento Atual (v_{act}).....	23
4. 2 Determinar ou calcular os valores faltantes	25
4. 2. 1 Área de superfície exposta ao vento (A_w).....	25
4. 2. 2 Velocidade do vento admissível de acordo com o manual de tabelas de carga.....	25
4. 2. 3 Pressão Dinâmica (p).....	26
4. 2. 4 Força do vento (F_w)	26
4. 3 Exercícios.....	26
5. Determinação da velocidade do vento permitida.....	27
5. 1 Método (1): Diagrama de força do vento.....	27
5. 1. 1 Exemplo para determinar a velocidade máxima admissível do vento para um caso de carga especial.....	28
5. 1. 2 Exemplo para determinar a velocidade máxima admissível do vento para um caso de carga padrão.....	28
5. 2 Método (2): Fórmula.....	33
5. 2. 1 Exemplo de cálculo da velocidade máxima admissível do vento para um caso de carga normal	33
5. 2. 2 Exemplo para o cálculo da velocidade máxima admissível do vento para um caso de carga especial.....	33
5. 3 Exercícios.....	34



As influências do vento na operação do guindaste

6. Influências do vento com o “guindaste fora de operação”	36
6. 1 Procedimento em caso de interrupção do trabalho com o guindaste	37
6. 2 Utilização das tabelas de ventos	38
6. 2. 1 Exemplo de guindastes com lança telescópica:.....	38
6. 2. 2 Exemplo de guindaste com lança treliçada:.....	41
7. Comentários Finais	44
8. Apêndice	45
8. 1 Guindastes LIEBHERR na Energia Eólica	45
8. 1. 1 Atuais guindastes móveis sobre pneus (2016).....	45
8. 1. 2 Atuais guindastes sobre esteiras, lança telescópica (2016).....	47
8. 1. 3 Atuais guindastes sobre esteira, lança treliçada (2016).....	47
8. 1. 4 Atuais guindastes de lança treliçada (2016).....	50
8. 2 Solução dos Exercícios	51

Definições de termos

N	Newton (Unidade de força)
C_w	Coefficiente de resistência ao vento (Coeficiente aerodinâmico).
A_p	Superfície de projeção de um corpo (m^2)
A_w	Superfície exposta ao vento (m^2)
v_{max}	Velocidade máxima admissível da rajada - 3 segundos (m/s) na altura de elevação máxima.
v_{max_TAB}	Velocidade máxima admissível da rajada - 3 segundos (m/s) na altura de elevação máxima, para o valor de carga especificado na tabela de carga.
v_{act}	Velocidade atual do vento medida.
$v(z)$	Valor médio resultante da velocidade do vento durante um período de 3 segundos em uma altura z acima do solo (m/s).
p	Pressão dinâmica (pressão sobre um corpo devido a corrente de vento em N/m^2).
F_w	Carga de vento (Influência de força sobre um corpo devido a corrente de vento)
m_H	Capacidade de elevação de carga (t) (incluindo meios de amarração de carga e o gancho de carga e eventualmente parte do cabo de içamento). A capacidade de içamento de carga não pode exceder o valor máximo da tabela de carga.



Qualquer descrição da velocidade do vento neste documento refere-se sempre à velocidade da rajada de vento, uma vez que ela sempre é superior à velocidade normal do vento. Em consequência disso, é necessário utilizar sempre a velocidade da rajada de vento como base para o cálculo.



1. Introdução e apresentação dos problemas

Muitas vezes, o vento e rajadas de ventos são fatores subestimados na ocorrência de acidentes com guindastes automotivos ou guindastes sobre esteiras. Ao içar cargas com grandes superfícies expostas ao vento, como pás de um rotor ou unidades completas de hélice de geradores eólicos (WPP), poderá ocorrer que o valor padrão fornecido pela EN 13000 (ver capítulo Apêndice 7.3), que é a base para os cálculos do guindaste, seja significativamente excedido.

Estes valores padrão são, por exemplo, o fator de resistência ao vento (c_W), ou o valor para o cálculo da chamada área da superfície projetada de uma carga. Em conjunto os valores fornecem informação sobre a área real da superfície exposta ao vento de uma carga. Justamente nos casos de cargas com grande área de superfície (casos de carga especial) a velocidade do vento fornecida nas tabelas de carga pode se tornar inválida para o trabalho do guindaste. Uma nova velocidade de vento mais baixa, em comparação com a velocidade do vento original admissível, deverá ser calculada para este caso de carga especial.

Influência do vento sobre a carga

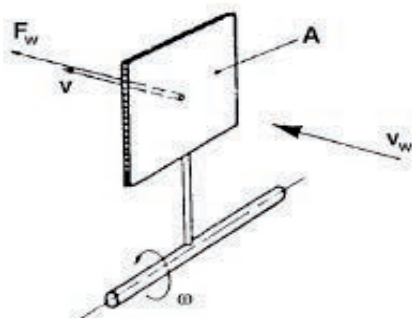


Figura 1: Princípio da Resistência

Qual é o papel do vento na excedência desse valor padrão?

Se o vento encontrar uma superfície, ele exercerá uma força sobre esta superfície (resistência) que atua na direção do vento.

Princípio da Resistência



Figura 2: Princípio ascensional

No caso de um plano de sustentação ou um rotor atua ainda a denominada **força de sustentação**. A superfície / comprimento no lado superior de uma asa é maior que o lado inferior. Por isso o ar deve mover-se mais rápido no lado superior que no inferior. Disso resulta uma baixa pressão no lado superior e uma sobrepressão na parte inferior. Em função da força ascendente resultante a asa é pressionada para cima.

Princípio ascensional

A força do vento atua sobre uma carga. Isto pode ter um efeito de incremento ou de alívio. O causador disto é o **princípio da resistência** e o **princípio ascensional**.



1. 1 Influência do vento sobre o guindaste e sobre a carga

De forma similar isto também se aplica ao guindaste:



Figura 3: Vento de frente e de traseira



Figura 4: Vento de lado



Risco de acidente!

O vento de frente **não** reduz a carga do gancho, cabo de içamento, roldanas do cabo de içamento e guincho de elevação, porque a carga continua atuando com sua força gravitacional (ver capítulo 4.1.1). Com vento de frente esses conjuntos podem ser sobrecarregados com a elevação da carga até o bloqueio pelo limitador de momento de carga (LMB)! A redução da carga provocada pelo vento de frente, poderá sobrecarregar todo o guindaste e o sistema de lança se ele anteriormente tiver sido submetido a carga que tenha atuado o LMB! **O operador deve, portanto, conhecer o peso da carga e não deve exceder a capacidade de Capacidade máx. de carga!**



O vento lateral sobre a lança do guindaste e a carga é particularmente perigoso. Este vento não é registrado pelo LMB. Isto pode resultar em sobrecarga do guindaste.

A carga adicional decorrente do vento lateral não é indicada pelo limitador de momento de carga (LMB).

Vento lateral

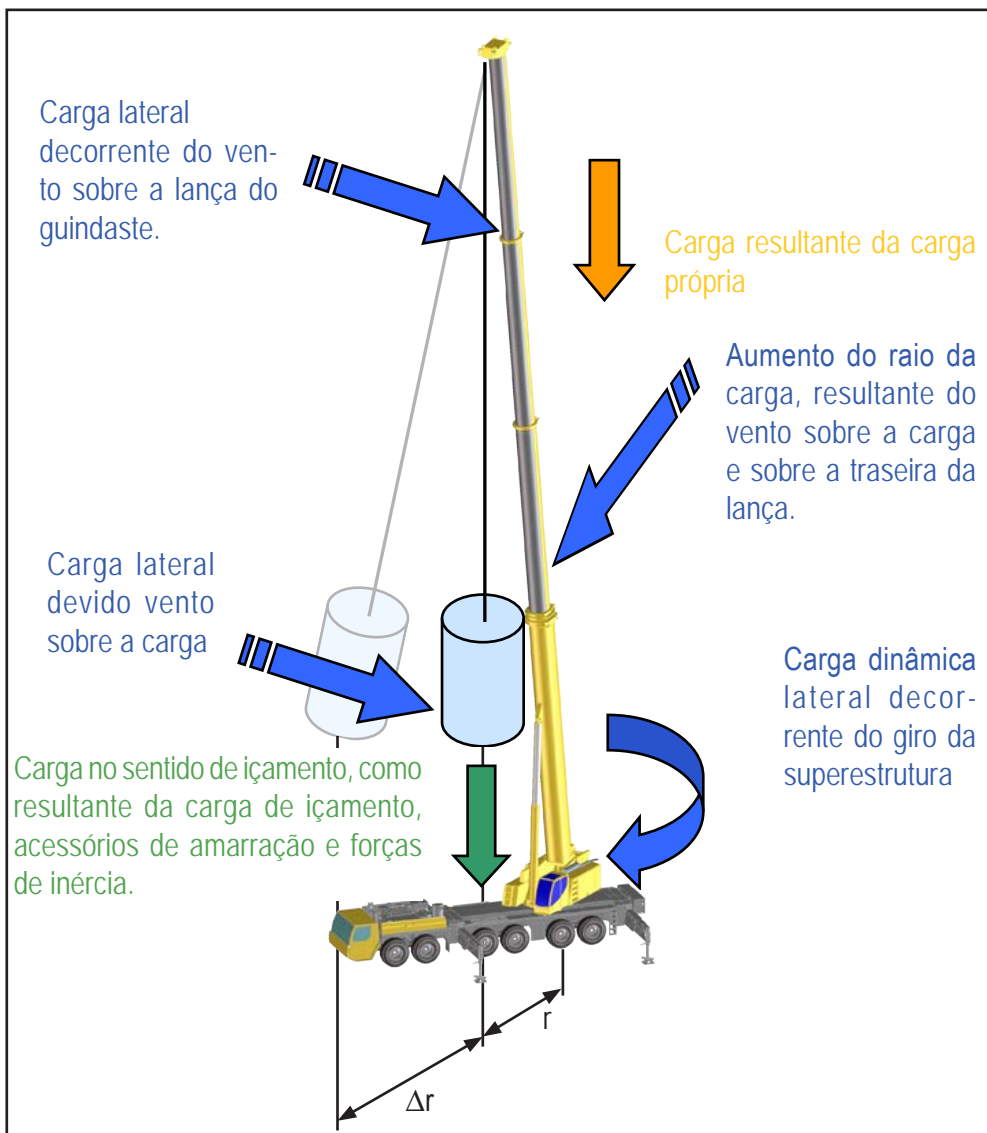


Figura 5: Cargas que podem atuar sobre o guindaste

Se o vento bate na carga, então ela balança na direção do vento. Isto significa que a força da carga já não atua verticalmente para baixo sobre a lança. Dependendo da força do vento, da superfície exposta ao vento e da direção do vento, o raio da carga pode aumentar ou forças laterais não admissíveis podem atuar sobre a lança do guindaste.

Possíveis cargas sobre o guindaste

r = Raio
 Δr = Aumento do raio por influência do vento

Influência do vento sobre a carga



As influências do vento na operação do guindaste

Resumo sobre os perigos do vento



	Vento de Frente	Vento na parte Traseira	Vento de Lado
Lança	Com vento de frente o sistema de lança é aliviado de carga. A carga indicada é muito baixa. O LMB irá atuar apenas com uma carga maior que a máxima permitida pela capacidade de carga.	Com vento de trás o sistema de lança sofre carga adicional. A indicação de carga é muito alta. A atuação (desligamento) da LMB (dispositivo limitadora de momento de carga) ocorre já com uma carga a qual é menor do que a carga máxima admitida na tabela de carga.	Com vento lateral o sistema da lança recebe carga lateral. A carga indicada é semelhante amostrada quando estiver operando sem vento. A LMB não leva em conta os ventos laterais.
Carga	A forma e o peso próprio da carga têm papel importante na influência dos ventos. O vento faz com que a carga balance e esta por sua vez faz com que a lança do guindaste comece a balançar. Este balanço (dinâmico) da lança faz com que a carga do guindaste aumente. Estando na faixa limite, isto poderá provocar o constante liga-desliga do LMB. Com cargas especiais, um rotor, por exemplo, o vento pode ter o efeito de reduzir a carga devido à forma do rotor.		

Fatores imprevisíveis

Excelente tecnologia e qualidade dos guindastes, longa experiência profissional bem como boa formação dos operadores dos guindastes e prévio planejamento profissional da operação do guindaste reduz significativamente o risco de um acidente.

No entanto: Fatores imprevisíveis tais como repentinas rajadas de vento são difíceis e muitas vezes impossíveis de calcular com precisão antecipadamente. Termos como área de superfície exposta ao vento e área projetada, valor de c_w , rajadas de vento, velocidade do vento, carga do vento ou classe de rugosidade são explicados a seguir.

O que isso significa para a operação do guindaste com vento?

Recálculo para velocidade máxima admissível do vento

Para o planejamento operacional, especialmente para cargas com grande superfícies de projeção ou c_w - coeficiente de resistência ao vento, a velocidade máxima admissível do vento especificado na tabela de carga têm que ser reduzida.

A pessoa responsável pela operação deve possuir conhecimentos básicos na área da influência dos ventos sobre as operações de guindastes. Da mesma forma, essa pessoa deve ser capaz de calcular a necessária redução da velocidade admissível do vento para os casos de cargas especiais, como as cargas com grandes superfícies.

A velocidade máxima admissível do vento (v_{max}) e a velocidade máxima admissível de vento conforme a tabela de carga ($v_{max\ TAB}$) referem – se sempre aos 3 segundos da velocidade da rajada, que ocorre na altura máxima de içamento



1. 2 Exercícios

Exercício 1

Quais tipos de vento podem ter efeito sobre a lança? (Várias respostas possíveis).

- Carga de vento
- Evaporação
- Vento de frente
- Energia Eólica
- Vento da parte traseira
- Vento de lado



Exercício 2

Quais tipos de vento tem um efeito sobre o LMB?

(Resposta)

A atuação (desligamento) da LMB (dispositivo limitadora de momento de carga) ocorre já com uma carga a qual é menor do que a carga máxima admitida na tabela de carga.

(Resposta)

O corte só ocorre após uma carga que é maior que a capacidade de carga máxima admissível.

(Resposta)

Não há atuação do LMB.

Exercício 3

Qual o efeito que o vento tem na carga do guindaste? (Várias respostas possíveis)

- Nenhum
- A carga pode balançar
- A carga gira em torno do cabo
- O raio da carga pode aumentar



Como surge o vento?

2. Noções Básicas sobre „Vento“

Neste capítulo você vai aprender o básico de como o vento surge e obterá as explicações iniciais para a terminologia específica de vento.

O vento é ar em movimento. O movimento surge como fluxo equalizador em decorrência de diferentes temperaturas do ar e das resultantes diferenças de pressão entre as regiões de alta e de baixa pressão.

A força motriz dos ventos é a radiação solar. Ela atinge a Terra e sua atmosfera com intensidade variável: verticalmente no equador e somente como um raio de luz nos pólos. A terra e as massas de ar no equador se aquecem, o ar fica mais leve e sobe. Calor sobre os trópicos, frio na região polar: isso não pode continuar assim pois a natureza sempre procura o equilíbrio. Portanto, o ar quente - na borda superior da troposfera - flui para onde é mais frio.

No caminho para o norte o ar perde muito do seu calor torna-se pesado e desce frio para o chão. Resulta uma circulação: Na atmosfera superior o ar quente migra para a região polar. No solo o ar frio flui de volta para os trópicos como se fosse aspirado por um aspirador de pó. O transporte de ar a partir do equador nunca atinge o pólo: A rotação da Terra desvia o ar muito para o lado. Isso também provoca a rotação das áreas de alta e de baixa pressão.

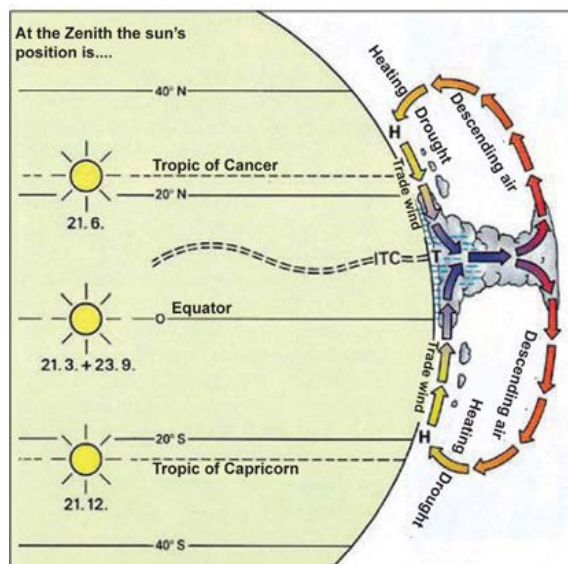


Figura 6: A formação dos ventos

A maior velocidade do vento medida na Alemanha até o momento foi 335 km/h gravado no dia 12 de Junho de 1985 na Zugspitze. Isso representa um valor calculado de 23,1 Beaufort.

Beaufort (bft) é uma unidade “arbitrária”. Ela expressa os efeitos perceptíveis dos ventos. Beaufort (bft), porém, é diretamente relacionada à velocidade do vento fisicamente mensurável. O diagrama a seguir mostra a interdependência da velocidade e da força dos ventos.

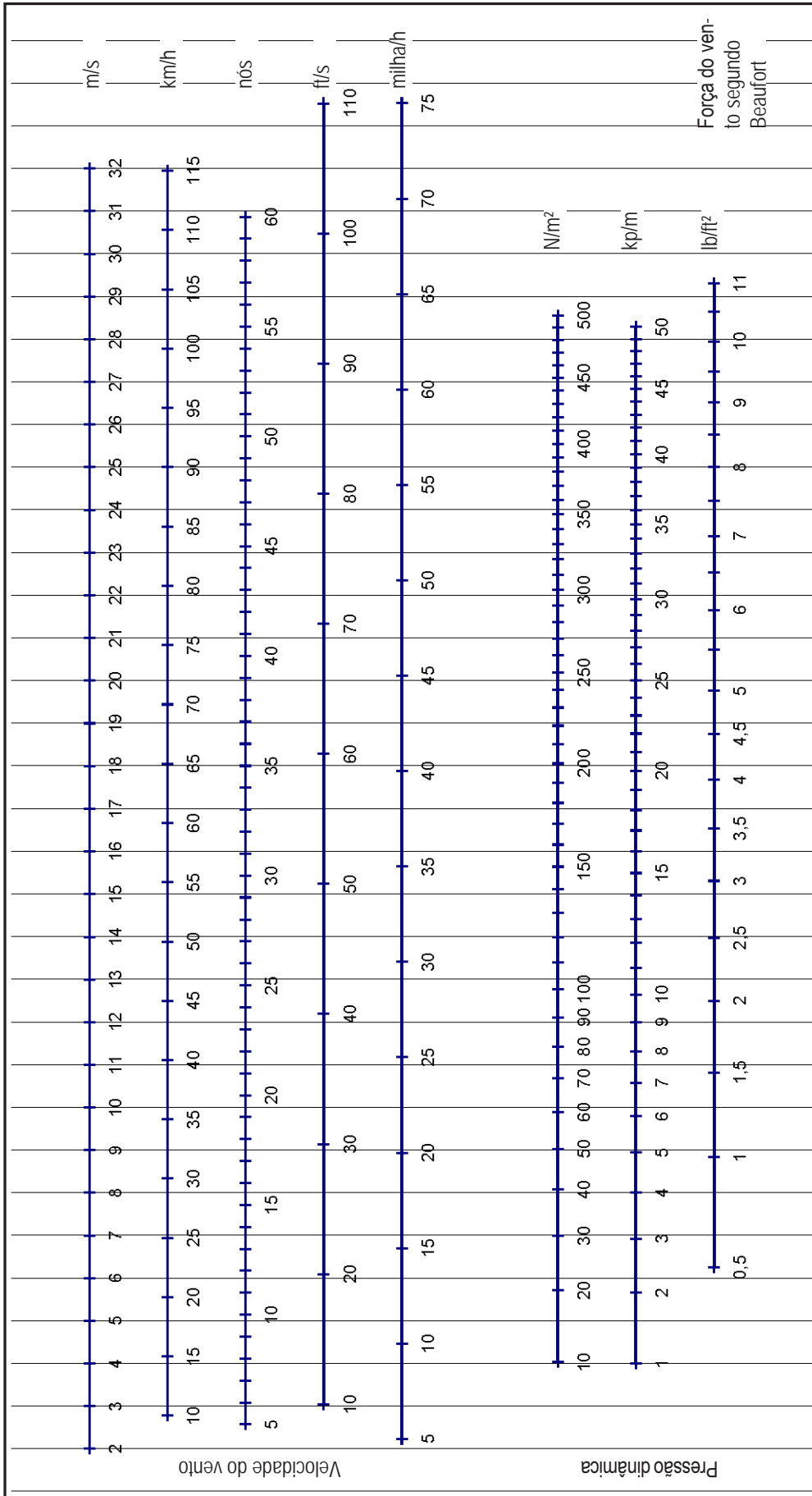


Figura 7: Comparação entre força e velocidade do vento.

Diagrama das forças do vento



O que é rajada de vento?

2. 1 Rajadas e rugosidades

Como rajada de vento é designado um vento forte que se torna ativo no âmbito de um sistema de vento ou tempestade. As pessoas são surpreendidas toda vez, que as previsões meteorológicas falam de um vento de 33 km / h, pois se tem a impressão de que o vento está muito mais forte.

Na realidade, com a rajada, estamos lidando com um vento que é mais poderoso e independente da velocidade média do vento. Portanto, uma rajada de vento pode chegar a 60 km / h ou mais, enquanto que o valor médio fica muito abaixo disso.

Rajadas assim podem ser muito perigosas, pois elas ocorrem de repente e não duram muito. Aqui a duração não é o problema, mas sim o surgimento súbito de um movimento de ar muito mais forte do que se possa esperar do vento. Assim, as rajadas podem levar a situações perigosas não só no tráfego rodoviário.



Figura 8: Ônibus virou após uma rajada de vento

Definição de uma rajada de acordo com a norma EN 13000

A velocidade de uma rajada de vento é o valor médio da velocidade do vento medido por um período de **3 segundos**. A rajada de vento é maior do que a velocidade média do vento que é medida por um período de 10 minutos.

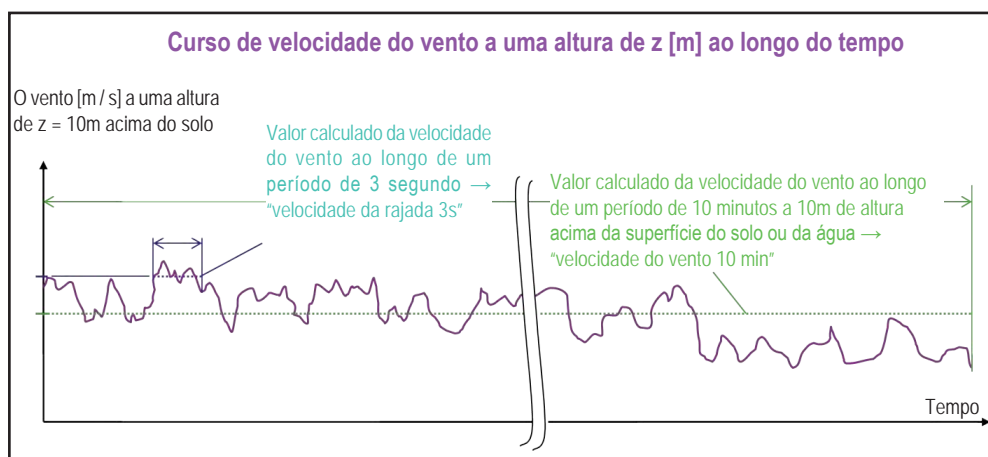


Figura 9: Diagrama mostrando determinação da rajada de vento

Existem fatores externos, que podem aumentar ou diminuir a velocidade de rajada de vento:

- Edifícios
- Vales estreitos e barrancos
- Água superfícies lisas
- Altura acima do solo

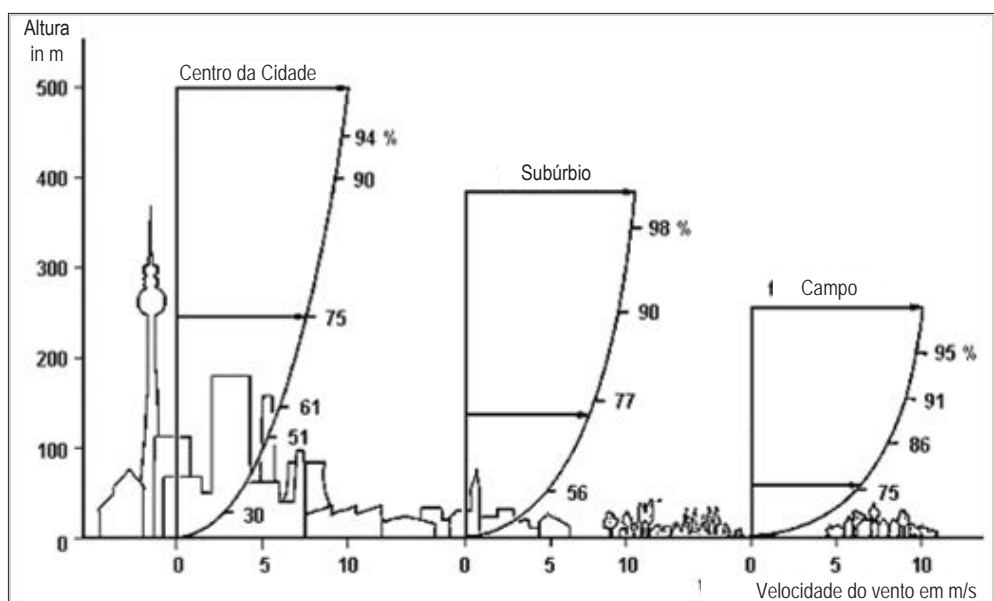


As influências do vento na operação do guindaste

Muito acima do chão, a uma altitude de aprox. 1 km, o vento praticamente não é mais afetado pelas características da superfície do solo. A velocidade dos ventos nas camadas mais baixas da atmosfera é reduzida pelo atrito com o solo. Há distinção entre a rugosidade do terreno, a influência dos obstáculos e a influência dos contornos da paisagem, que também é conhecida como a “orografia” do terreno.

Quanto mais acentuada for a rugosidade do terreno, maior é a redução na velocidade do vento. Florestas e cidades naturalmente freiam o vento sensivelmente, enquanto que nas pistas de concreto dos aeroportos a frenagem do vento é mínima. Ainda mais lisas são as superfícies de água, elas têm, portanto, uma influência ainda menor sobre o vento, enquanto gramas altas e arbustos freiam o vento consideravelmente.

Comportamento do vento em grandes altitudes



Velocidade do vento com diferentes classes de rugosidade

Figura 10: Diagrama das diferentes classes de rugosidade

Na indústria eólica os técnicos frequentemente se referem às classes de rugosidade quando estão avaliando as características eólicas de uma paisagem. Uma classe de rugosidade alta de 3 a 4 se refere a uma paisagem que é caracterizada por muitas árvores e edifícios, enquanto que a superfície de um lago se enquadra na classe de rugosidade 0. Pistas de concreto em aeroportos são enquadradas na classe de rugosidade 0,5.



As influências do vento na operação do guindaste

Classes de Rugosidade em resumo

Classe de Rugosidade	Tipo de superfície do terreno
0	Superfície da água.
0.5	Terrenos abertos, superfícies lisas, por exemplo, pistas de aeroportos.
1	Terreno abertos, sem cercas ou sebes, possivelmente com edifícios esparsamente distribuídos, e muitas colinas suaves.
1.5	Terrenos com algumas casas e sebes de 8m de altura com espaçamento superior a 1 Km.
2	Terrenos com algumas casas e sebes de 8m de alturas com espaçamento de aprox. 500m.
2.5	Terrenos com muitas casas, arbustos e plantas, ou cercas com 8m de altura e aprox. 250m de espaçamento
3	Aldeias, vilas, terrenos com muitas cercas ou cercas altas, florestas e terrenos bastante acidentados e irregulares.
3.5	Grandes cidades com edifícios altos
4	Cidades com prédios muito altos

Tabela 1: Classes de Rugosidades



O fenômeno “Efeito a jato”

Em cidades com edifícios altos a rugosidade se situa em 4 (ver tabela 2). Devido a isso cria-se a impressão de que lá o vento não é tão forte. No entanto, existem nas grandes cidades com edifícios altos os cânions urbanos. O ar é comprimido nas laterais das edificações e a velocidade do vento aumenta consideravelmente, quando sopra através destes cânions urbanos. Este fenômeno é conhecido como “efeito a jato”. Se, por exemplo, a velocidade normal do vento em terreno aberto é de 6 m/s, num cânion urbano certamente poderá chegar a 9 m/s.



As influências do vento na operação do guindaste

2. 2 Ventos e informações meteorológicas

Nas operações com o guindaste e especialmente no levantamento de cargas com grandes áreas de superfície, é imprescindível considerar a influência do vento.

Antes de começar a trabalhar, o condutor do guindaste deverá informar-se junto ao **instituto meteorológico** responsável sobre a velocidade máxima do vento prevista. Se forem previstas velocidades do vento não permitidas, é proibido içar a carga ou realizar o levantamento da lança do guindaste.



Dados meteorológicos atualizados podem ser encontrados na **Internet** (exemplo: www.windfinder.com sob o título "Super Previsão"). **Note porém, que a rajada de vento, como no exemplo abaixo, se refere a uma altura de 10 metros acima do solo.**

Alterar as unidades de [m/s] para [knt]

Local

Mostrar a força do vento ou as rajadas em [m/s] ou [knt]

Data

Windrichtung	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h
Windstärke (m/s)	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	1	2
Windböen (m/s)	5	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	2	2

Dados dos ventos obtidos na Internet

Figura 11: Imagem da tela do site www.windfinder.com

Se não for possível depositar a lança do guindaste no local de operação durante a interrupção do trabalho, é necessário buscar as velocidades resultantes do vento para todo o período de operação. As velocidades resultantes do vento não devem exceder as velocidades do vento permitidas a partir das tabelas de ventos.





Velocidade do vento dependente da altura

2. 2. 1 Velocidade da rajada de vento dependente da altura

Geralmente, o instituto meteorológico fornece a média da velocidade do vento ao longo de 10 minutos e/ou a velocidade da rajada de vento correspondente, cada uma referente à altura de 10 m. Dependendo de qual das duas informações estiver disponível, outros fatores devem ser considerados para determinar a velocidade da rajada de vento dependente da altura. Elas são mostradas na tabela a seguir.

Se as velocidades da rajada de vento a 10 m de altura forem disponibilizadas pelo instituto meteorológico, os fatores na coluna marcada em azul devem ser consultados para calcular a velocidade da rajada de vento com a altura de trabalho correspondente.

Se, no entanto, estiverem disponíveis apenas os valores da média da velocidade do vento ao longo de 10 minutos, a coluna marcada em amarelo deve ser utilizada. Com esses fatores, a velocidade da rajada de vento pode ser calculada na altura de trabalho existente.

Altura de trabalho	Fatores com a média disponível da velocidade do vento ao longo de 10 minutos a 10 m de altura	Fatores com a velocidade da rajada de vento disponível a 10 m de altura
10	1,400	1,000
20	1,502	1,073
30	1,566	1,119
40	1,614	1,153
50	1,653	1,181
60	1,685	1,204
70	1,713	1,224
80	1,738	1,241
90	1,760	1,257
100	1,780	1,272
110	1,799	1,285
120	1,816	1,297
130	1,832	1,309
140	1,847	1,319
150	1,861	1,329
160	1,874	1,339
170	1,887	1,348
180	1,899	1,356
190	1,910	1,364
200	1,921	1,372

Tabela 2: Fatores para determinar a velocidade da rajada de vento dependente da altura com base na velocidade do vento/de rajada a 10 m de altura

Exemplo

$$6,2 \text{ m/s} \times 1,272 = 7,89 \text{ m/s}$$

Você recebe, por exemplo, do instituto meteorológico, uma velocidade de rajada de $6,2 \text{ m/s}$ a 10 metros acima do solo.

Você tem, por exemplo, uma altura de trabalho máxima de 100 metros. De acordo com o cálculo (ver à esquerda), a velocidade da rajada de vento a 100 m de altura é de $7,89 \text{ m/s}$. A uma velocidade de rajada máxima permitida de 9 m/s , de acordo com a tabela de carga, o içamento da carga pode ser realizado.



2. 3 Exercícios

Exercício 4

Determine, com base na “Tabela 1: Classes de rugosidade”, a que classe de rugosidade correspondem as duas fotos abaixo!

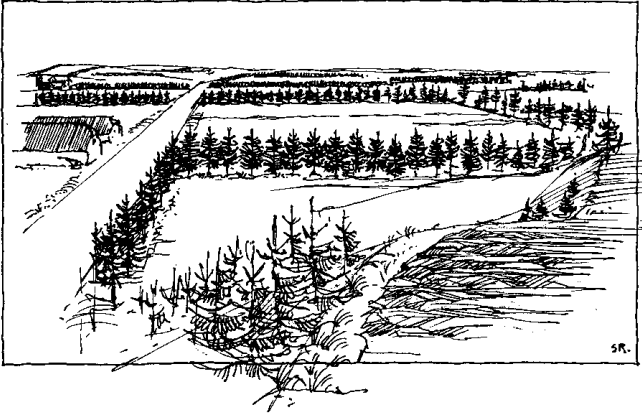


Figura 12: Determine a classe de rugosidade!

Resposta:

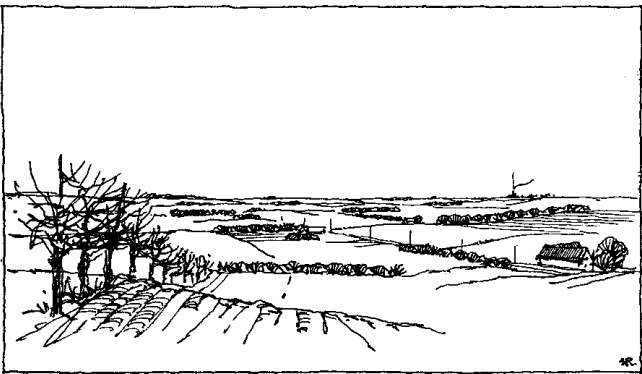


Figura 13: Determine a classe de rugosidade!

Resposta:

Exercício 5

O que podemos entender por uma “rajada”, segunda a norma EN 13000?

- Vento fraco causado por uma diferença na pressão do ar
- Forte agitação do vento de curta duração.
- Forte agitação do vento por um período de 3 segundos superior à velocidade média do vento, durante um período de 3 segundos

Exercício 6

Usando a “figura 11” (página 17) e a “tabela 2” (página 18), determine qual velocidade da rajada de vento prevalece a 140 metros de altura no Aeroporto de Hamburgo em 9 de julho às 15h.

Resposta:



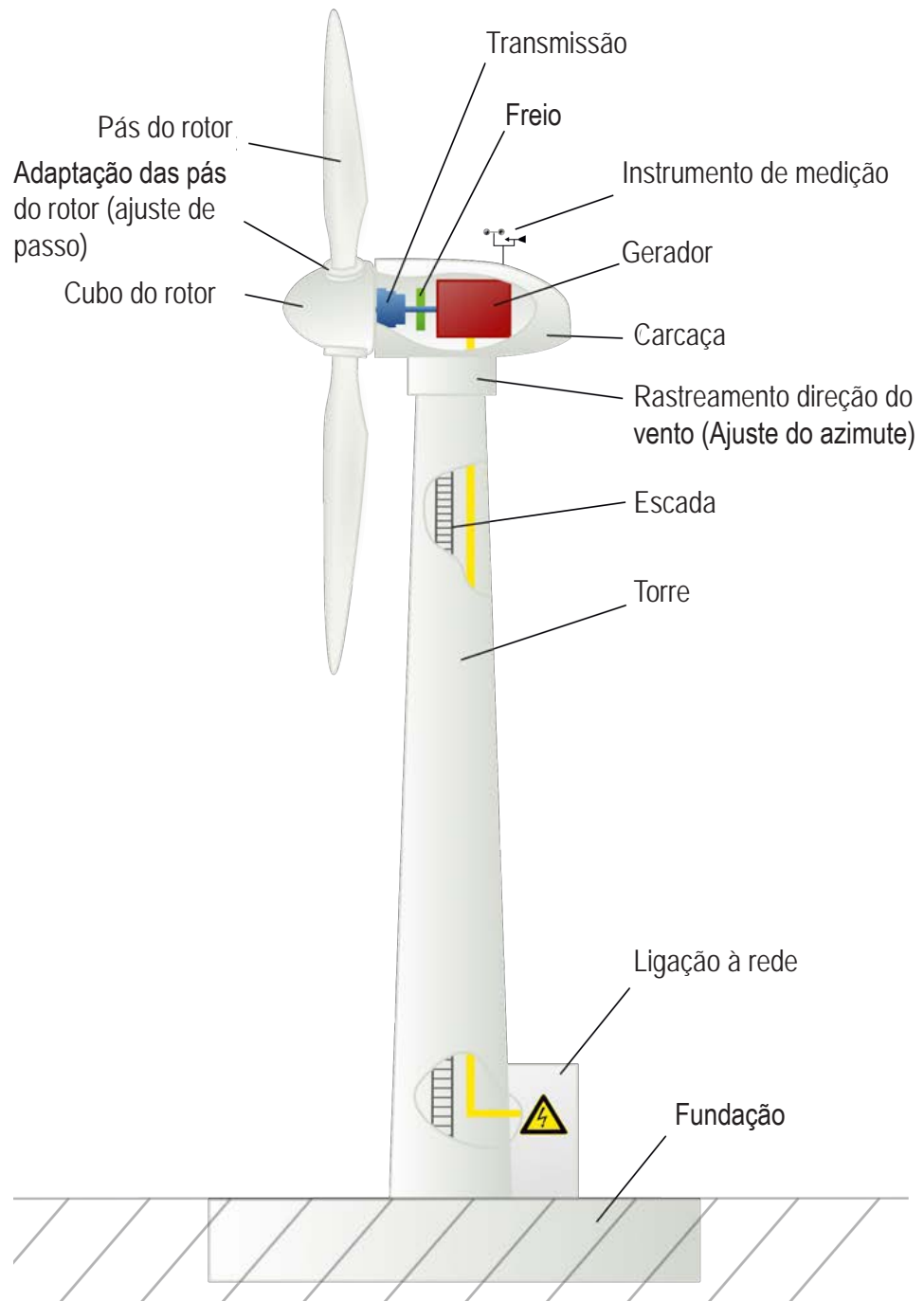
3. Anexo – Esquema de gerador eólico

Neste capítulo você conhecerá a composição esquemática de um gerador eólico. Também mostraremos como se comportam as velocidades do vento nas diferentes alturas em relação ao solo.

O uso da energia eólica é conhecido há séculos. O desenvolvimento de **geradores eólicos** cada vez mais potentes tem sido incentivado. A altura das torres nas quais as turbinas estão trabalhando está aumentando. As novas instalações são impressionantes em seu tamanho. Com uma altura do cubo de até 135 metros os rotores giram com um diâmetro de 126 metros.

A título de comparação: a envergadura de um Airbus A380 é um pouco menor que 80 metros.

Componentes de um gerador eólico





As influências do vento na operação do guindaste

Seja a instalação de gerador eólico individual ou a instalação de completas fazendas de geração eólica, eles geralmente instalados em locais onde o vento sopra mais forte. Cada metro a mais que possa subir na atmosfera é recompensado com um melhor rendimento. Ao analisarmos a **subdivisão vertical da atmosfera** apenas sua camada inferior é adequada à exploração da energia eólica. Isto é devido à composição das camadas de ar mais baixas. Com o aumento da altura a rugosidade do solo tem menor influência sobre a velocidade do vento. Assim, o vento sopra mais suave em altas altitudes e está menos sujeito a turbulências. Este fato vem muito de encontro aos fabricantes de usinas eólicas.

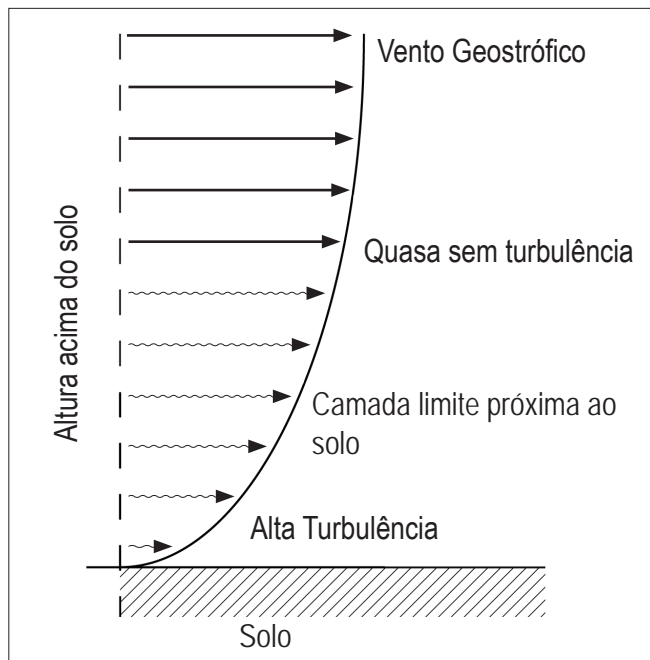


Figura 14: Turbulência em várias alturas diferentes

Outro fato afirma que a velocidade do vento decresce quanto mais nos aproximamos do solo. Ao considerarmos um sistema com uma altura de eixo de 40 metros e um diâmetro de rotor de 40 metros, onde as pontas das pás do rotor são submetidas a um fluxo de $9,3 \text{ m/s}$ quando estão na **posição mais elevada**. A velocidade do vento na **posição mais baixa** das pás do rotor é de apenas $7,7 \text{ m/s}$. Isto significa que as forças sobre a lâmina do rotor (carga do rolamento) são significativamente maiores na posição mais alta do que na posição mais baixa.

Composição das camadas de ar

Onde ocorrem quais turbulências



4. Fatores do cálculo da força do vento

Neste capítulo você vai aprender os termos e base de cálculo necessária para determinar a influência do vento sobre as operações de guindastes. Da mesma forma, você vai aprender a ler a velocidade do vento permitida a partir de um diagrama.

Os seguintes fatores são de importância vital para o cálculo das cargas de vento:

- Peso da Carga
- Área máxima projetada da superfície
- Valor - c_w
- Velocidade máxima do vento
- Área da superfície exposta ao vento
- Pressão dinâmica

4. 1 Coleta dos valores disponíveis

Os seguintes valores precisam ser coletados antes da operação com o guindaste:

- O **peso da carga a ser içada** (m_H) (ver capítulo 4.1.1)
- A **área máxima projetada** (A_p) da carga, (ver capítulo 4.1.2)
- O **coeficiente de resistência** (valor- c_w), (ver capítulo 4.1.3)
- A **velocidade do vento** atual (v_{act}) (ver capítulo 4.1.4)

4. 1. 1 Peso de carga a ser içada (m_H)

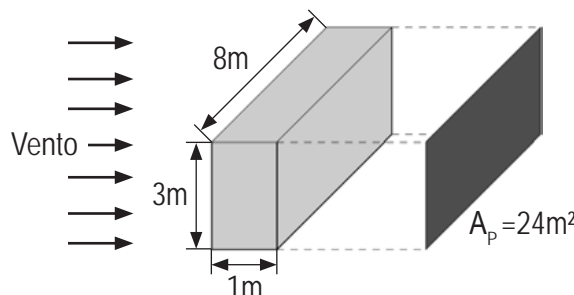
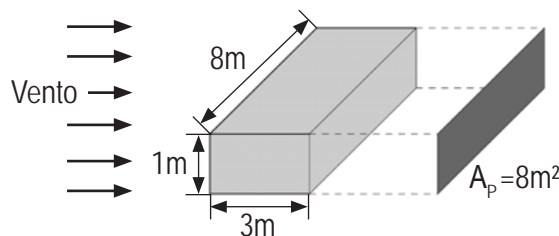
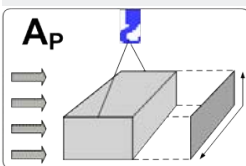
O **peso** da carga a ser içada (carga e gancho), é medida em quilogramas (kg) ou toneladas (t). O operador do guindaste pode ler o peso da carga a partir da nota de entrega ou diretamente sobre a carga ou ainda perguntar ao fabricante. Uma carga da qual não conhecemos o peso, o valor- c_w e a superfície projetada, não deve ser içada.

4. 1. 2 Área projetada máxima (A_p)

Se um corpo é submetido a uma fonte de luz, esse projeta uma sombra. Essa sombra é a **área projetada** A_p do corpo. Se o corpo for submetido a um vento, em vez de luz, surge a mesma sombra (área projetada). Dependendo da direção do vento a sombra poderá ser maior ou menor. O fabricante da carga pode fornecer a área projetada máxima.

Definição do peso da carga a ser içada

Definição da área projetada



O exemplo ao lado deixa claro que um objeto pode ter diferentes áreas projetadas. Por isso, deverá ser adotada a área projetada máxima.

Quanto maior for a área projetada, maior será a área exposta ao vento.



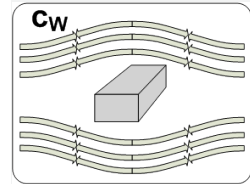
As influências do vento na operação do guindaste

4. 1. 3 Valor- c_w

Se um corpo é submetido a um fluxo de ar, diretamente ou envolvido por ele, a velocidade do ar sofrerá uma redução. O corpo representa um obstáculo para o ar (resistência ao fluxo). Dependendo da forma do corpo a resistência ao fluxo varia. Para descrever a forma do corpo, é definido o coeficiente de resistência.

O coeficiente de resistência (valor- c_w) de um corpo indica qual o tamanho da obstrução que o corpo representa ao fluxo de ar. O fabricante da carga pode fornecer o coeficiente de resistência (valor- c_w).

Definição do coeficiente de resistência





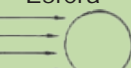

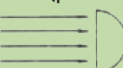

Corpo	Coefficiente de resistência C_w
Placa/Cubo 	1,1 a 2,0
Cilindros 	0,6 a 1,0
Esfera 	0,3 a 0,4
Hemisfério (frente) 	0,2 a 0,3
Hemisfério (parte de trás) 	0,8 a 1,2
Rotor de gerador eólico 	Aprox. 1,6

Tabela 3: c_w -Valores de corpos comuns

4. 1. 4 Velocidade do Vento Atual (v_{act})

A **velocidade atual do vento** é dada em [m/s] ou [km/h]. Antes de iniciar o trabalho é preciso se informar sobre a velocidade de vento prevista junto ao instituto meteorológico ou pela internet (www.wetterfinder.com - por exemplo). Se a previsão for de velocidade de vento elevada o içamento da carga não deve ser realizado!

Da mesma forma, você pode ler a velocidade atual do vento com a ajuda do **anemômetro** no computador LICCON.

Onde posso obter a velocidade do vento



O valor atual do anemômetro no guindaste não pode ser usado como única base de cálculo para o içamento da carga. Antes de iniciar o içamento da carga, é necessário sempre buscar junto ao instituto meteorológico responsável ou na internet a velocidade da rajada de vento/velocidade do vento prevista/atual para o período do içamento da carga.



Anemômetro (Medidor da velocidade do ar)

É possível instalar até **dois anemômetros** em um guindaste. O alerta de vento é mostrado na tela de operação do sistema de computador LICCON. Se o valor atual da velocidade do vento exceder o valor máximo exibido, o ícone “alerta de vento” começa a piscar e o alarme sonoro >>BUZINA BREVE<< soa. No entanto, nenhum dos movimentos do guindaste é desligado. O içamento da carga deve ser concluído o mais rápido possível e, se necessário, a lança deve ser baixada. Assim, as velocidades do vento permitidas da tabela de ventos ou da tabela de elevação e de abaixamento devem ser observadas.

O símbolo **superior** do “alerta de vento” na tela de operação mostra o valor medido pelo anemômetro instalado no jib fixo.

O símbolo **inferior** do “alerta de vento” na tela de operação mostra o valor medido pelo anemômetro instalado na lança principal.

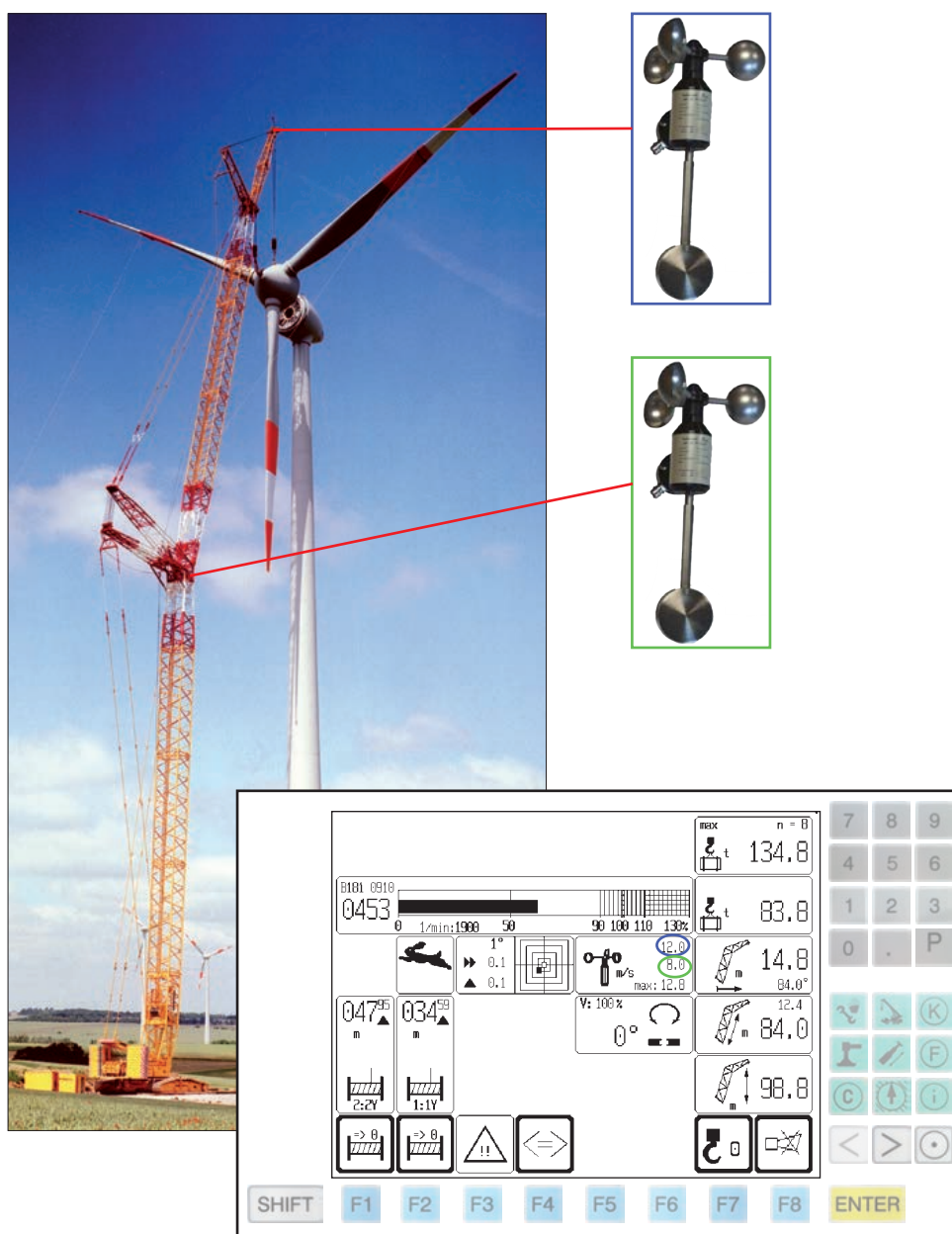


Figura 15: Posição de instalação dos anemômetros e a tela de operação do LICCON



As influências do vento na operação do guindaste

4. 2 Determinar ou calcular os valores faltantes

Possivelmente, os seguintes valores terão de ser determinados ou calculados com base nos fatores conhecidos:

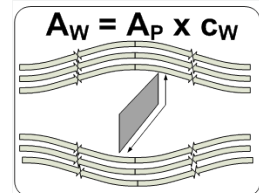
- A área da superfície exposta ao vento (ver capítulo 4.2.1)
- A velocidade do vento admissível de acordo com o manual de tabelas de carga (ver capítulo 4.2.2)
- A pressão dinâmica (ver capítulo 4.2.3)
- A força do vento (ver capítulo 4.2.4)

4. 2. 1 Área de superfície exposta ao vento (A_w)

A **área de superfície exposta ao vento** A_w especifica a área exposta ao vento considerando a resistência apresentada pelo corpo. É composta pela área de superfície projetada A_p e o valor- c_w .

Fórmula para a área de superfície exposta ao vento (A_w):

$$A_w = A_p \cdot c_w$$



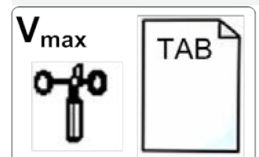
4. 2. 2 Velocidade do vento admissível de acordo com o manual de tabelas de carga

No **manual de tabelas de carga** é indicada uma velocidade do vento máxima admissível calculada para cada tabela de carga do guindaste. No entanto, esta é dependente do comprimento da lança e da configuração do guindaste. Para os cálculos foram utilizados os valores padrão da norma EN 13000 (valor de referência de carga 1,2 m² por tonelada).

Caso a **velocidade atual do vento** exceder a **velocidade de vento admissível** de acordo com a tabela de carga, a operação de guindaste deve ser ajustada e a lança recolhida conforme a tabela de velocidade de vento para guindaste.

Velocidade do vento permitida de acordo com o manual de tabelas de carga

	1	92 -	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 -	46 -	92 -
	2	46 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 -	46 -	46 +	46 +	46 +
	3	46 +	0 +	0 +	0 -	46 -	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +
	4	0 +	0 -	46 -	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +
	5	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +
		11,1	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1	11,1



	T	--			
			12,8 t	9,30 x 5,40 m	360°

Figura 16: Extrato da tabela de carga com a velocidade do vento admissível para cada configuração de lança telescópica / configuração de lança treliçada



As influências do vento na operação do guindaste

Definição de pressão dinâmica

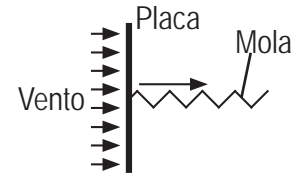
4. 2. 3 Pressão Dinâmica (p)

Se o vento atinge uma placa fixada por uma mola (veja a figura à direita), o ar flui ao redor dela. Ao mesmo tempo, uma parte do vento é represado contra a superfície da placa. Este represamento resulta num aumento de pressão que empurrará a placa contra a mola. Essa pressão é conhecida como **pressão dinâmica**. Se a velocidade do vento (v) **dobra**, a pressão dinâmica **quadruplica**.

Densidade do AR
 $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Fórmula para a pressão dinâmica (p):

$$p = F_w : A_w \quad \text{or} \quad p = 0,5 \cdot \rho \cdot v^2$$



Definição de força

4. 2. 4 Força do vento (F_w)

Para acionar uma hélice é necessário vento forte. Isso significa que a pressão dinâmica do vento precisa ser suficientemente grande para que o rotor comece a girar. Quanto maior for a área da superfície do rotor exposta ao vento, menor será a pressão dinâmica do vento necessária para girá-lo.

Fórmula da força do vento (F_w):

$$F_w = A_w \cdot p$$

4. 3 Exercícios



Exercício 7

Com o seu guindaste você precisa substituir um painel de janela numa fachada de vidro. O painel da janela tem uma área projetada de 2,6 m² e um valor-c_w de 1,2. Calcule a área da superfície exposta ao vento.

Reposta:

$$A_w = \quad \quad \quad \text{m}^2$$

Exercício 8 (Complete o texto)

Se a velocidade do vento..... exceder a velocidade do vento..... conforme tabela de carga, a operação com o guindaste deve ser e a lança deverá ser caso a velocidade do vento admissível no gráfico de vento guindaste for

Exercício 9

Determine a partir da “figura 16” (página 25) qual velocidade do vento permitida é admissível em uma configuração de lança de 92-/46+/46+/46+/0.

Reposta:



5. Determinação da velocidade do vento permitida

Os seguintes métodos facilitam a determinação da velocidade máxima admissível do vento:

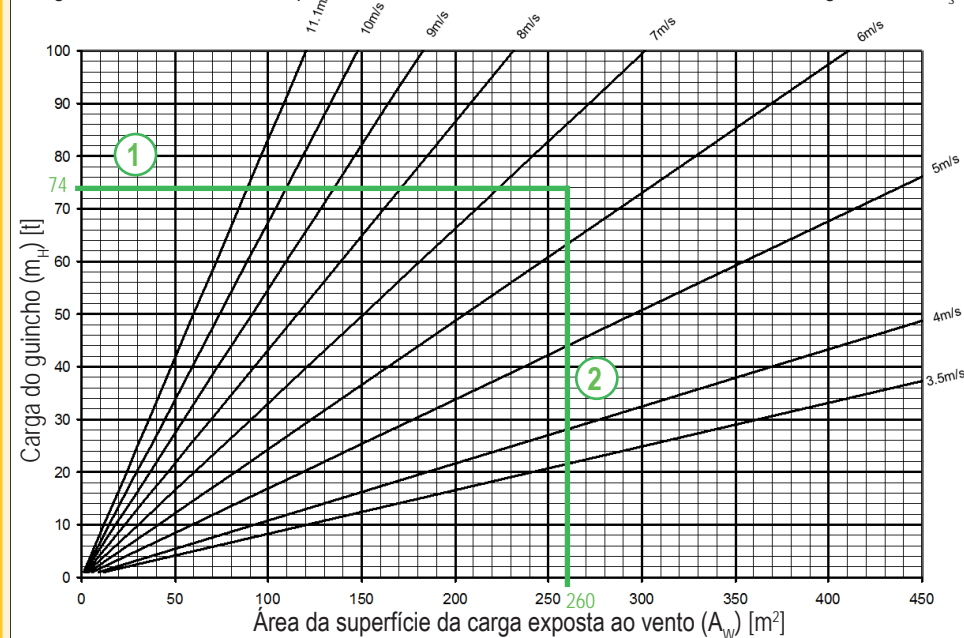
- Método (1): Diagrama de força do vento (ver capítulo 5.1)
- Método (2): Fórmula (ver capítulo 5.2)
- Método (3): A determinação da velocidade máxima admissível do vento a partir dos livros antigos de tabela de carga (Diagrama 1 e 2) não será mais usado

5.1 Método (1): Diagrama de força do vento

Esta forma de determinar a velocidade admissível do vento é parte integrante do livro da tabela de carga. Neste capítulo, nós queremos informar este método aos senhores.

Se a **superfície exposta ao vento** da carga for **superior a 1,2 m² por ton. de carga**, então a velocidade máxima do vento admissível na tabela de cargas **não** é mais válida. Neste caso, compare a velocidade do vento máxima permitida a partir da tabela de carga com a velocidade do vento no **diagrama de força do vento**. Os dois valores devem ser correspondentes, caso contrário você obterá uma velocidade do vento incorreta de um diagrama de força do vento errado. Isso poderá causar um acidente.

Diagrama da força do vento para velocidade max. do vento conforme tabela de carga de 11,1 m/s



Para determinar a velocidade do vento máxima permitida, utilizando um diagrama das forças do vento, primeiro a carga de içamento m_H (carga + eslinga) deve ser esboçada horizontalmente (ver linha 1).

Em outra etapa, a área exposta ao vento deve ser esboçada verticalmente A_W (área de projeção x valor c_w) (ver linha 2).

Na intersecção, é possível ler a velocidade do vento máxima permitida.





Exemplo 1

$$280 \text{ m}^2 / 65 \text{ t} = 4,31 \text{ m}^2/\text{t}$$



5. 1. 1 Exemplo para determinar a velocidade máxima admissível do vento para um caso de carga especial

A carga a ser içada pesa 65 t, tem um valor- c_w de 1,4 e com área projetada de 200 m² tem uma área de superfície exposta ao vento de 280 m². Se dividirmos a superfície exposta ao vento pela carga, então temos um valor de 4,31 m² por ton. Este valor excede o valor permitido para a área da carga exposta ao vento de 1,2 m² por t. Para a configuração necessária, de acordo com a tabela de carga, será admissível uma velocidade máxima do vento de 11,1 m/s.

Com base no diagrama de força do vento 11,1 m/s (vide figura 22 página 32) deve ser determinada agora a velocidade máxima admissível do vento.

Para esta carga a velocidade máxima admissível do vento equivale a 5,9 m/s

A velocidade máxima admissível do vento apurada de 5,9 m/s não é inserida no computador LICCON. Quando a velocidade máxima admissível do vento apurada de 5,9 m/s for excedida não haverá alerta. Portanto, o operador de guindaste tem que observar o valor da velocidade do vento independentemente do sistema de computador LICCON. Se o valor máximo admissível apurado da velocidade do vento for alcançado ele precisa interromper o içamento da carga.

Exemplo 2

Área da superfície exposta ao vento:

$$1,2 \cdot 50 \text{ m}^2 = 60 \text{ m}^2$$

5. 1. 2 Exemplo para determinar a velocidade máxima admissível do vento para um caso de carga padrão

A carga pesa 85 t, tem um valor- c_w de 1,2 e uma superfície projetada de 50 m².

Um valor- c_w de 1,2 e uma superfície projetada de 50 m² resultam numa superfície exposta ao vento de 60 m². Se você dividir a superfície exposta ao vento pela carga, então nós temos um valor de 0,71 m² por ton. Neste exemplo, a tabela de carga tem uma velocidade máxima do vento de 9 m/s. Por esta razão deverá ser usado o diagrama de força do vento de 9 m/s.

Agora, desenhe uma linha 1 vertical para cima na superfície exposta ao vento com valor de 60 m² no diagrama força do vento de 9,0 m / s (ver ilustração 19 pg. 31). Em seguida, desenhe uma linha 2 horizontalmente para a direita, na carga a ser içada de 85 t. No ponto de intersecção, ambas as linhas se cruzam na frente dos 9 m/s

Isto significa que a carga pode ser levantada até à velocidade máxima do vento de 9 m/s, conforme indicado na tabela de carga.

Exercício 10

Para determinar a velocidade do vento máxima permitida, marque os valores do exemplo 5.1.1 no diagrama das forças do vento correspondente nas páginas seguintes.

Exercício 11

Para determinar a velocidade do vento máxima permitida, marque os valores do exemplo 5.1.2 no diagrama das forças do vento correspondente nas páginas seguintes.

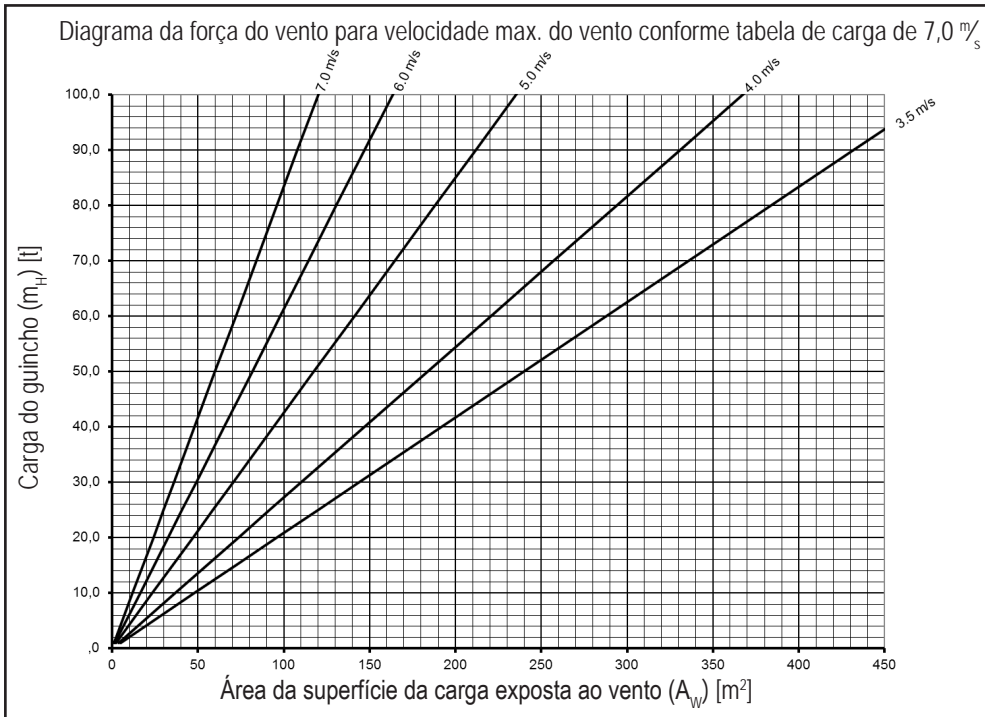


Diagrama da força do vento 7,0 m/s

Figura 17: Diagrama da força do vento a 7,0 m/s (válido somente para tabelas com velocidade max. do vento de 7,0 m/s)

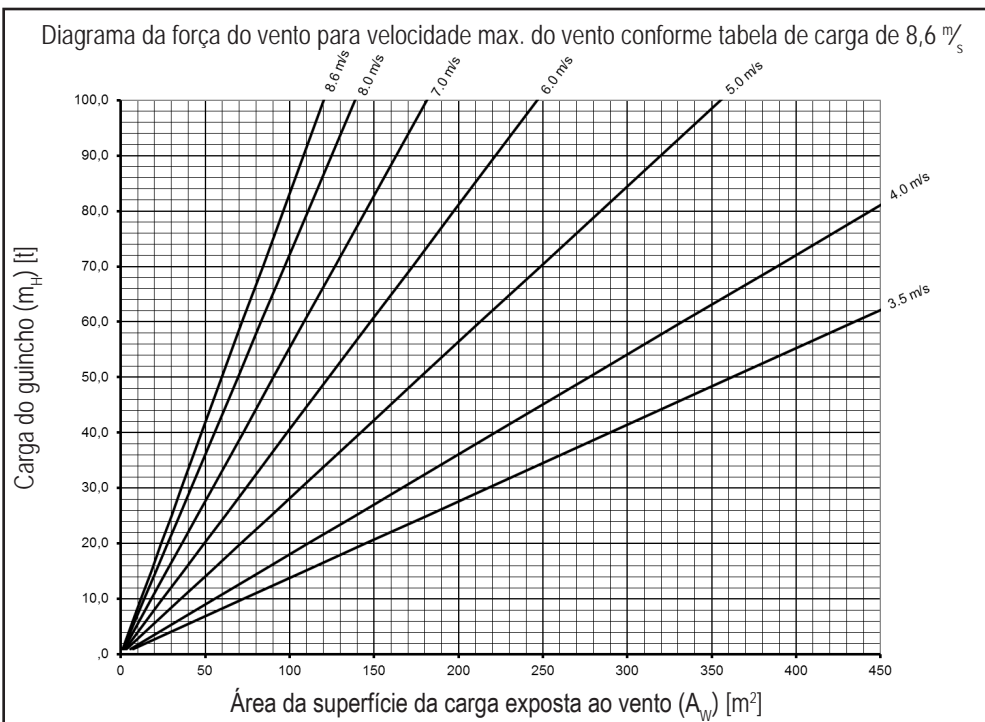


Diagrama de força do vento a 8,6 m/s

Figura 18: Diagrama da força do vento 8,6 m/s (válido somente para tabelas com velocidade max. do vento de 8,6 m/s)



Diagrama força do vento 9,0 m/s

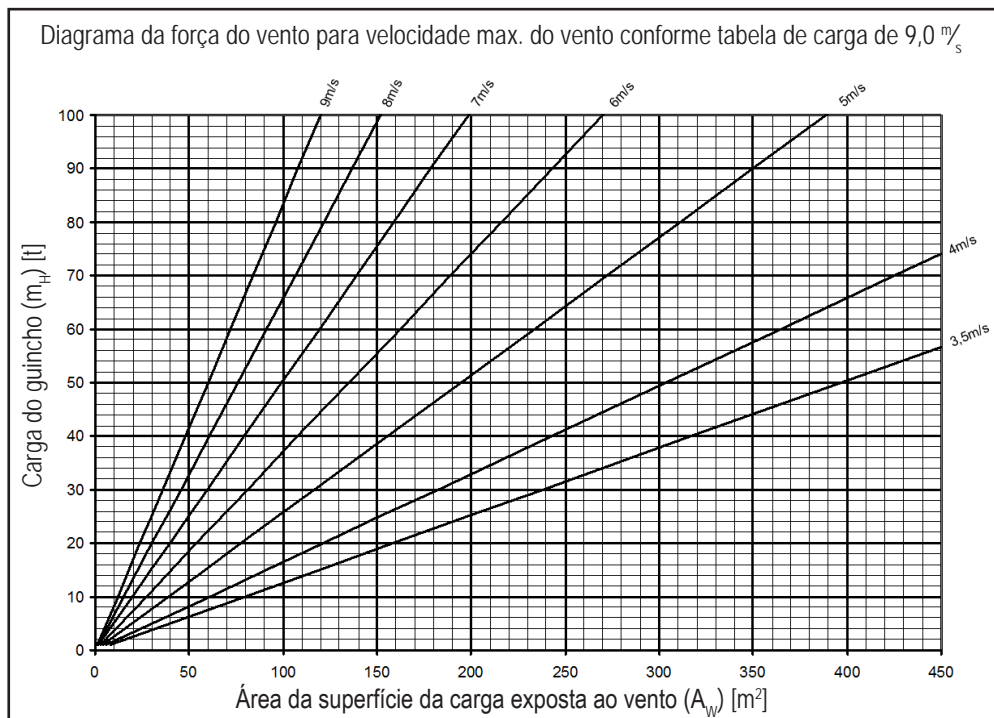


Figura 19: Diagrama da força do vento 9,0 m/s (válido somente para tabelas com velocidade max. do vento de 9,0 m/s)

Diagrama força do vento 9,9 m/s

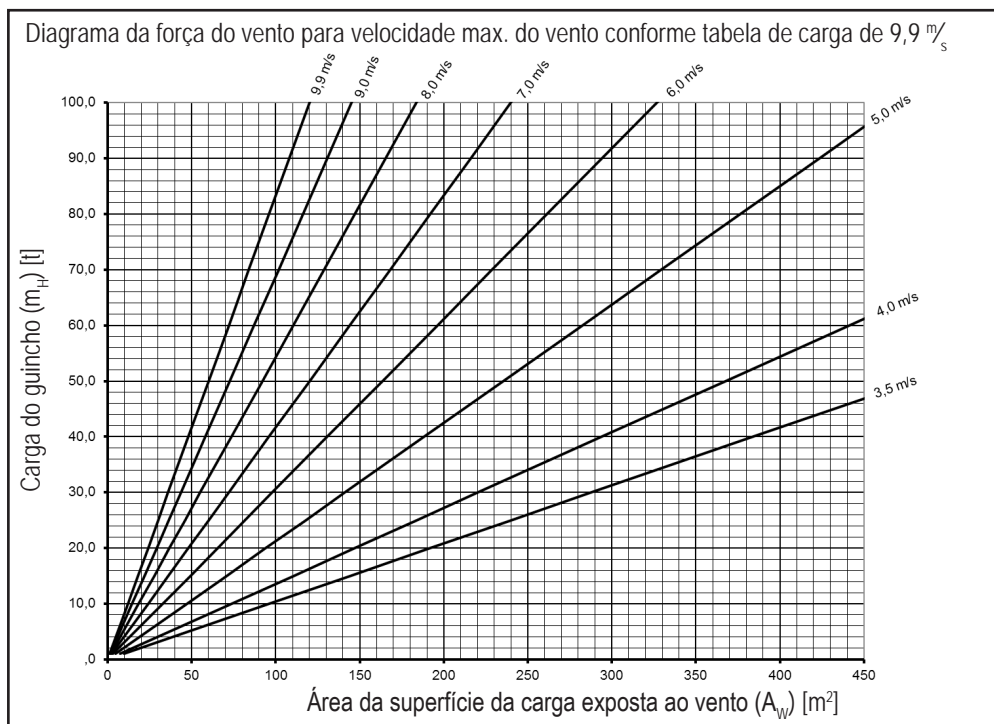


Figura 20: Diagrama da força do vento 9,9 m/s (válido somente para tabelas com velocidade max. do vento de 9,9 m/s)

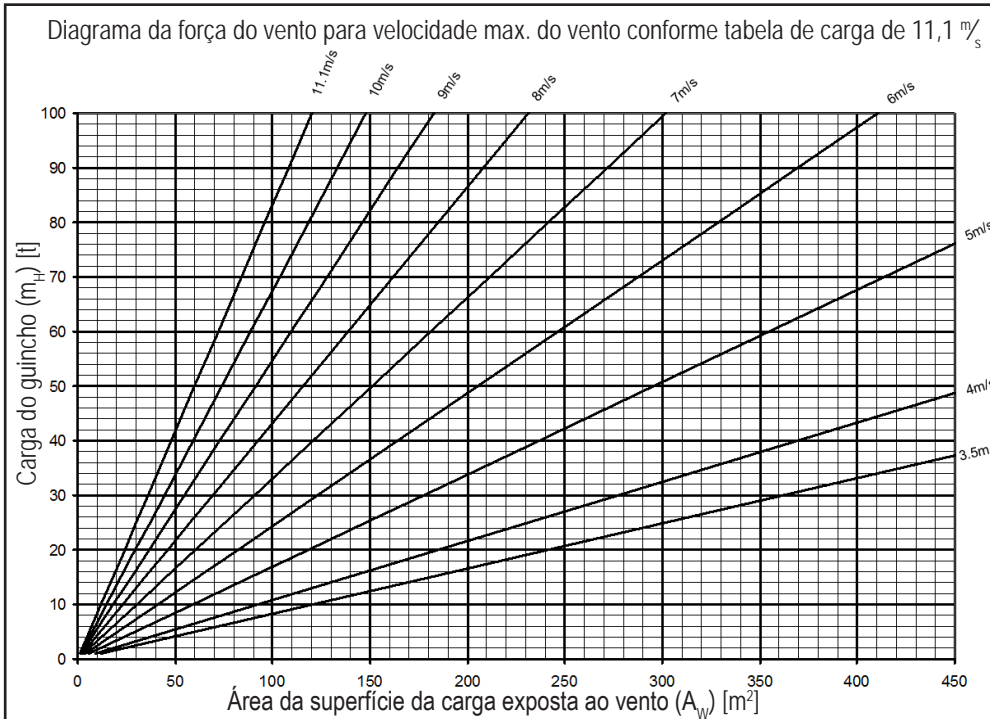


Diagrama da força do vento 11,1 m/s

Figura 21: Diagrama da força do vento a 11,1 m/s (válido somente para tabelas com velocidade max. do vento de 11,1 m/s)

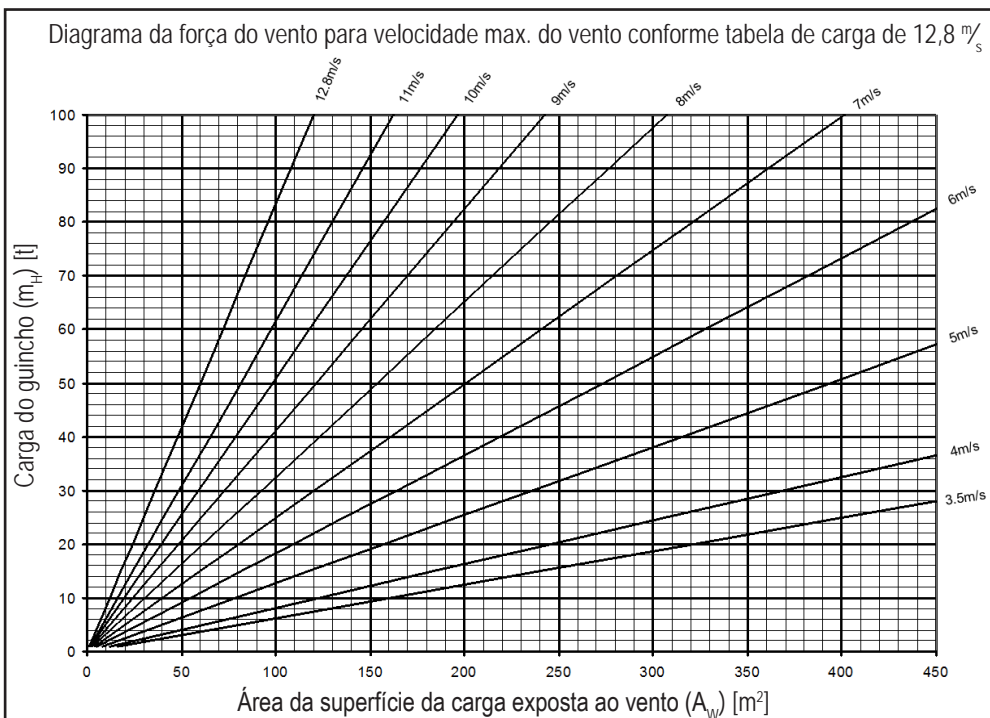


Diagrama de força do vento a 12,8 m/s

Figura 22: Diagrama da força do vento 12,8 m/s (válido somente para tabelas com velocidade max. do vento de 12,8 m/s)



Diagrama força do vento 14,3 m/s

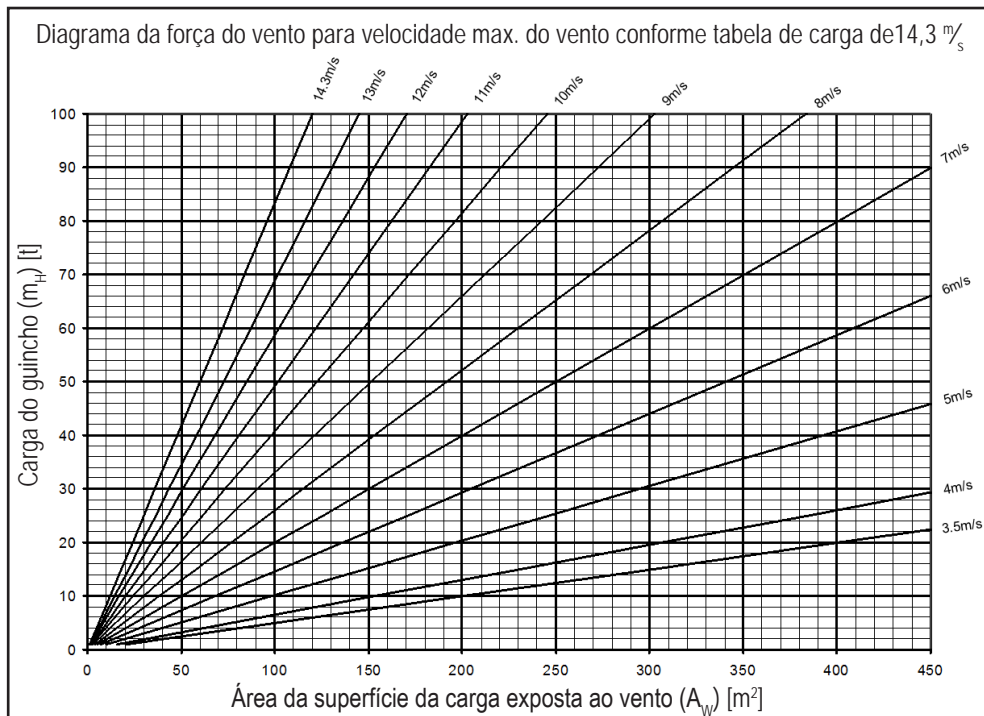


Figura 23: Diagrama da força do vento 14,3 m/s (válido somente para tabelas com velocidade max. do vento de 14,3 m/s)



As influências do vento na operação do guindaste

5. 2 Método (2): Fórmula

A velocidade do vento admissível pode ser calculada com uma única fórmula. Para tanto é necessário coletar primeiramente os seguintes dados:

- A carga a ser içada (m_H) (incluindo os acessórios de içamento, moitão e eventualmente qualquer porção relevante do cabo de içamento)
- A superfície exposta ao vento (A_W)
- A velocidade máxima do vento de acordo com a tabela de carga

Fórmula para calcular a velocidade do vento admissível:

$$V_{\max} = V_{\max_TAB} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{m^2}{t} \cdot m_H}{A_W}}$$

O valor $1,2 \frac{m^2}{t}$ sob a raiz, corresponde a uma constante de acordo com a norma EN 13000 e **não** ao valor c_w ! Esse valor **não** pode ser alterado!

5. 2. 1 Exemplo de cálculo da velocidade máxima admissível do vento para um caso de carga normal

A carga pesa 85 t, tem um valor- c_w de 1,2 e uma área projetada de 50 m². Com um valor- c_w de 1,2 e uma área de superfície projetada de 50 m², temos uma área de superfície exposta ao vento de 60 m². Neste exemplo a velocidade máxima admissível do vento de acordo com a tabela de carga é de 9 m/s.

$$V_{\max} = 9 \frac{m}{s} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{m^2}{t} \cdot 85 t}{60 m^2}}$$

$$V_{\max} = 11,73 \frac{m}{s}$$

Se o resultado da v_{\max} for **maior** do que v_{\max_TAB} , a carga poderá ser içada até a velocidade do vento máxima especificada na tabela de carga, neste caso 9 m/s.

5. 2. 2 Exemplo para o cálculo da velocidade máxima admissível do vento para um caso de carga especial

A carga a ser levantada pesa 65 t, tem um valor- c_w de 1,4 e com uma área projetada de 200 m² temos uma área de superfície exposta ao vento de 280 m². Para a configuração requerida do guindaste e de acordo com a tabela de carga é admissível uma velocidade máxima do vento de 11,1 m/s.

$$V_{\max} = 11,1 \frac{m}{s} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{m^2}{t} \cdot 65 t}{280 m^2}}$$

$$V_{\max} = 5,86 \frac{m}{s}$$

A velocidade do vento a partir do gráfico de carga cai de 11,1 m/s para 5,86 m/s. A carga só pode ser içada até uma velocidade máxima do vento de 5,86 m/s.

A velocidade máxima admissível do vento apurada de 5,86 m/s não é inserida no computador LICCON. Quando a velocidade máxima admissível do vento apurada de 5,86 m/s for excedida não haverá alerta. Portanto, o operador de guindaste tem que observar o valor da velocidade do vento independentemente do sistema de computador LICCON. Se o valor máximo admissível apurado.

Exemplo 1

Área da superfície exposta ao vento:

$$1,2 \cdot 50 m^2 = 60 m^2$$



Exemplo 2

Área de superfície exposta ao vento:

$$1,4 \cdot 200 m^2 = 280 m^2$$





5. 3 Exercícios

Exercício 12

Com um LTM 1150-6.1 (CÓDIGO 0050) você precisa içar uma carga de 47 toneladas e uma área de superfície exposta ao vento de 235 m² a uma altura de 21 m e num raio de lança de 6 m. O guindaste é patolado numa base de apoio de 9,30 mx 8,30 m. O contrapeso é de 46,8 t.

Determine a correta configuração dos teles a partir deste trecho da tabela de carga (veja abaixo). Além disso, determine a velocidade do vento permitida para este levantamento através do diagrama de força do vento aplicável (ver capítulo 5.1).

m	CODE > 0050 < T186.00301x(x)													
	13,7	18,5	18,5	18,5	23,3	23,3	23,3	23,3	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	32,9
3,0	96,4	81,8	61,6	57,5	71,6	61,2	58,4	41,2						
3,5	92,3	82,1	62,2	56,0	71,0	61,6	58,6	39,5	54,0	56,1	53,9	40,1		
4,0	85,6	82,5	62,7	54,6	70,0	62,0	58,3	37,8	53,5	55,6	53,4	38,3	37,2	
4,5	79,6	79,7	63,2	52,7	68,6	62,5	56,1	36,0	53,1	55,0	52,8	36,4	35,5	41,0
5,0	74,2	74,3	63,8	50,5	67,1	62,9	54,0	34,1	52,5	54,3	52,3	34,5	33,8	40,3
6,0	64,9	65,1	64,0	45,9	63,1	63,5	49,6	30,6	50,4	52,1	49,9	31,5	31,0	38,9
7,0	57,1	57,4	57,8	42,3	56,9	57,7	46,1	28,1	48,1	49,8	47,1	28,7	28,4	37,5
8,0	51,0	51,1	51,5	39,3	51,0	51,7	42,6	25,7	45,9	47,6	44,2	26,2	26,0	36,1
9,0	45,6	45,7	46,2	36,3	45,7	46,4	39,4	23,7	43,6	45,5	41,2	24,4	24,2	34,7
10,0	41,1	41,2	41,7	34,0	41,2	41,9	36,8	22,2	40,6	41,7	38,2	22,5	22,5	33,0
11,0	35,9	37,4	37,9	32,0	37,3	38,1	34,2	20,6	36,9	37,9	35,4	20,8	20,8	31,0
12,0		34,0	34,6	30,2	33,9	34,7	31,6	19,1	33,5	34,5	33,5	19,6	19,7	29,0
14,0		28,0	28,6	27,3	27,9	28,8	28,0	17,0	27,4	28,6	29,5	17,3	17,5	25,4
16,0		21,1	21,6	22,0	23,4	24,3	24,9	15,2	22,9	24,1	25,1	15,3	15,6	22,3
18,0					19,9	20,8	21,6	13,8	19,4	20,6	21,6	13,8	14,1	18,9
20,0					17,1	18,0	18,8	12,7	16,6	17,8	18,8	12,5	12,8	16,1
22,0									14,4	15,5	16,5	11,5	11,8	13,8
24,0									12,5	13,7	14,7	10,6	11,0	12,0
26,0														10,4
28,0														9,1
30,0														7,6
32,0														
34,0														
36,0														
38,0														
40,0														
42,0														
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
* n *	12!	10	8	7	9	8	7	5	7	7	7	5	5	5
1	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	46+	0+	0+	0+	0+	92+
2	0+	0+	0+	0+	46+	0+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	0+	46+
3	0+	46+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	46+	46+	46+	0+	0+	46+
4	0+	0+	46+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	46+	46+	92+	46+	0+
5	0+	0+	0+	46+	0+	0+	46+	92+	0+	0+	46+	46+	92+	0+
%														
m/s	14,3	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1



Figura 24: Extrato do manual de tabelas de carga do LTM 1150-6.1



As influências do vento na operação do guindaste

Exercício 13

Utilizando um LTM 11200-9.1 (CÓDIGO 0016) você precisa içar uma carga de 45 toneladas com uma área de superfície exposta ao vento de 112 m² a uma altura de 42m em um raio de 18 m. O guindaste é apoiado numa base de apoio de 13 m x 13 m. O contrapeso é de 22 t.

Determine a correta configuração dos teles no extrato da tabela de carga (veja abaixo). Além disso, determine a velocidade do vento permitida para este içamento por meio do diagrama de força do vento aplicável (ver capítulo 5.1).



m	CODE > 0016 < V178 0F00 .x(x)													
	18,3	24,1	24,1	30,0	30,0	30,0	35,8	35,8	41,6	41,6	41,6	47,5	47,5	47,5
3,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0							
3,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	190,0						
4,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	183,0	213,0	213,0	92,0			
4,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	176,0	213,0	213,0	88,0			
5,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	170,0	213,0	213,0	84,0	213,0	161,0	110,0
6,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	158,0	213,0	213,0	78,0	213,0	150,0	101,0
7,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	209,0	213,0	148,0	213,0	213,0	72,0	207,0	140,0	94,0
8,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	189,0	213,0	139,0	213,0	198,0	67,0	194,0	131,0	87,0
9,0	213,0	213,0	213,0	211,0	213,0	174,0	194,0	130,0	181,0	186,0	63,0	171,0	123,0	81,0
10,0	211,0	192,0	196,0	171,0	184,0	158,0	160,0	121,0	151,0	159,0	59,0	144,0	116,0	76,0
12,0	143,0	134,0	137,0	120,0	131,0	135,0	114,0	105,0	109,0	117,0	52,0	106,0	103,0	67,0
14,0	100,0	98,0	100,0	89,0	99,0	104,0	85,0	92,0	83,0	90,0	46,0	82,0	93,0	60,0
16,0	73,0	72,0	74,0	68,0	78,0	81,0	65,0	81,0	64,0	71,0	41,0	64,0	77,0	54,0
18,0		55,0	57,0	53,0	60,0	63,0	51,0	70,0	51,0	57,0	37,0	51,0	64,0	48,0
20,0		42,0	44,5	40,0	47,5	51,0	39,5	57,0	40,0	46,5	33,5	41,0	54,0	44,0
22,0		32,0	34,5	29,7	38,0	41,0	30,5	47,5	31,5	37,5	31,0	32,5	45,0	40,0
24,0				21,8	29,9	33,5	23,6	40,0	24,6	30,5	28,4	26,0	38,0	36,0
26,0				15,5	23,4	26,8	17,2	33,5	19,0	24,9	26,0	20,6	32,5	33,5
28,0					18,2	21,6	12,1	28,3	14,4	19,8	24,4	16,0	27,6	28,8
30,0							7,8	23,8	10,3	15,4	22,7	12,2	23,1	24,2
32,0								20,1	6,0	11,8	21,1	9,0	19,3	20,4
34,0								17,1		8,7	20,0	5,3	16,1	17,1
36,0										5,8	17,5		13,4	14,4
38,0										3,0	15,0		11,0	11,9
40,0											13,0		8,9	9,8
42,0													7,1	8,0
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
58,0														
* n *	14	14	14	14	14	14	14	13	14	14	6	14	11	7
1	0+	0+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+
2	0+	50+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	0+	0+
3	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	0+
4	0+	0+	0+	0+	50+	50+	0+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	100+
5	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	50+
6	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
7	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
%														
m/s	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
TAB ***	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019



Figura 25: Extrato do manual de tabelas de carga do LTM 11200-9.1



6. Influências do vento com o “guindaste fora de operação”

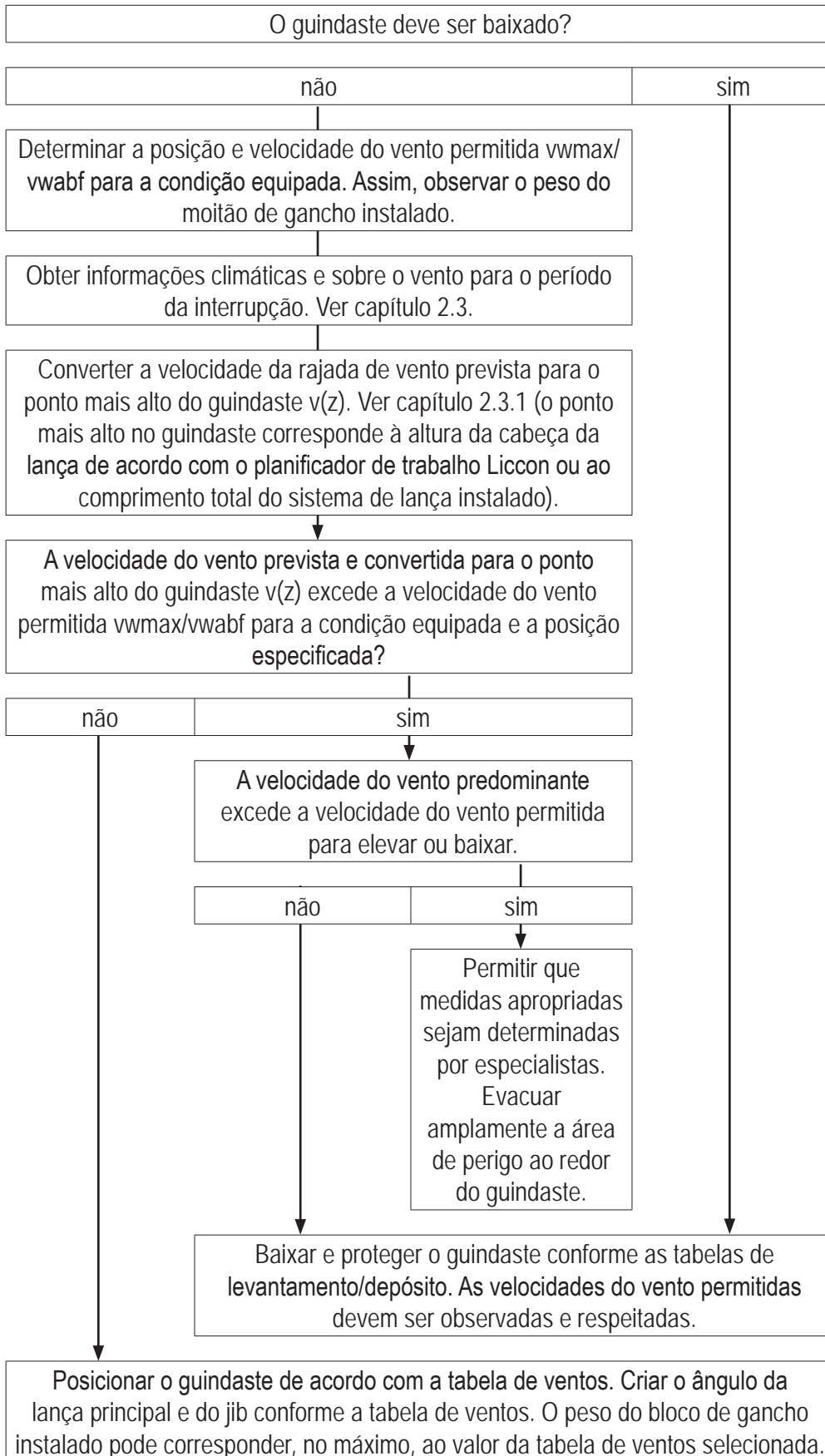
Além do risco que surge através do vento durante a operação do guindaste, é necessário mencionar o perigo de um acidente com o guindaste por influências do vento com o guindaste fora de operação ou sem carga. Apesar de seus designs delicados, guindastes móveis e sobre esteiras têm áreas muito grandes expostas ao vento, mesmo sem carga. Também com lanças treliçadas, pode haver áreas de muitas centenas de metros quadrados expostas ao vento. Comprimentos de lança muito grandes e uma base de apoio compacta garantem um alto potencial de risco se a velocidade do vento permitida for excedida.

O melhor que se pode imaginar é que o guindaste tombe por inteiro. Contudo, também é possível que os jibs treliçados móveis (a partir da parte dianteira) e a lança principal tombem para trás com o vento. Além disso, o freio de giro pode ser sobrecarregado se houver vento lateral, resultando em uma rotação involuntária do guindaste.

Conforme descrito no manual de instruções da Liebherr-Werk Ehingen GmbH, a lança do guindaste deve ser sempre baixada quando o guindaste estiver sem supervisão, em caso de uma interrupção do trabalho com o guindaste. Se isso não for possível devido à limitação de espaço no canteiro de obras, o guindaste deve ser colocado na posição prescrita pelo fabricante. Essa posição, entretanto, só é segura até a velocidade do vento especificada. Para determinar a posição e a velocidade do vento máxima correspondente, todos os guindastes com lança treliçada e com lança telescópica da Liebherr, que podem ser equipados com um jib treliçado móvel, possuem tabelas de ventos. Essas informações podem ser obtidas a partir dessas tabelas de ventos. Se nenhuma tabela de velocidade de vento estiver disponível para a condição de configuração, é necessário utilizar o valor da tabela de carga para a velocidade do vento máxima permitida.



6. 1 Procedimento em caso de interrupção do trabalho com o guindaste





6. 2 Utilização das tabelas de ventos

6. 2. 1 Exemplo de guindastes com lança telescópica:

LTM 1750-9.1 – TYVEN

Base de apoio:	12 m x 12 m
Contrapeso:	184 t
Lança telescópica:	T-49.1 (92/92/92)
Jib treliçado móvel:	N-59.5
Peso do bloco de gancho:	1,5 t

Observar o modo de operação, contrapeso e base de apoio na descrição da tabela!

O peso do bloco de gancho na tabela não deve ser excedido.



TYVEN - 64.0t a 204.0t de contrapeso - Base de patolamento: 12,0m * 12,0m

Indicação

- ▶ TYVEN - Lança telescópica tensionada com cavalete TY, extensão treliçada e ponta treliçada rebatível
 - ▶ Extensão treliçada de 5m
 - ▶ Posição do cavalete Y de 45°
 - ▶ 64.0t a 204.0t de contrapeso
 - ▶ Ponto de tensionamento do cavalete TY da lança telescópica no excêntrico
 - ▶ O ângulo dos cavaletes Y deve ser ajustado de acordo com a tabela de capacidade de carga
 - ▶ As velocidades de vento indicadas valem para o estado tensionado, se a lança puder ser tensionada
 - ▶ Condições de extensão para as quais não existem tabelas de cargas de sustentação disponíveis não podem ser tensionadas!
 - ▶ em lanças telescópicas mais curtas T-16.3 e de barras de cavalete NA 3, o ângulo máximo da ponta treliçada rebatível é de 58°
 - ▶ Pontas treliçadas a partir de um comprimento de 80.5m não podem ser telescopadas e devem ser depositadas
 - ▶ Base de patolamento 12,0m * 12,0m
-

As influências do vento na operação do guindaste



Velocidade da rajada de vento máxima permitida para preparar o guindaste
 Velocidade de rajada máxima permitida no ponto mais alto para girar o guindaste
 Velocidade de rajada máxima permitida no ponto mais alto do guindaste
 Contrapeso
 Peso do moitão de gancho máximo permitido
 Raio da cabeça da lança
 Ângulo da lança auxiliar treliçada
 Ângulo da lança principal
 Lança auxiliar treliçada
 Adaptador
 Lança principal

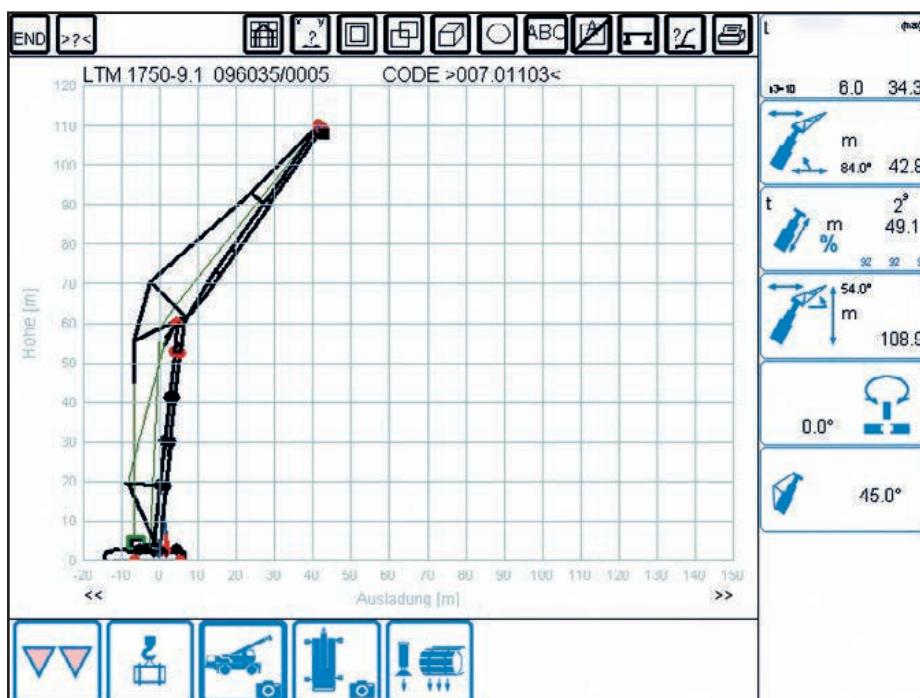
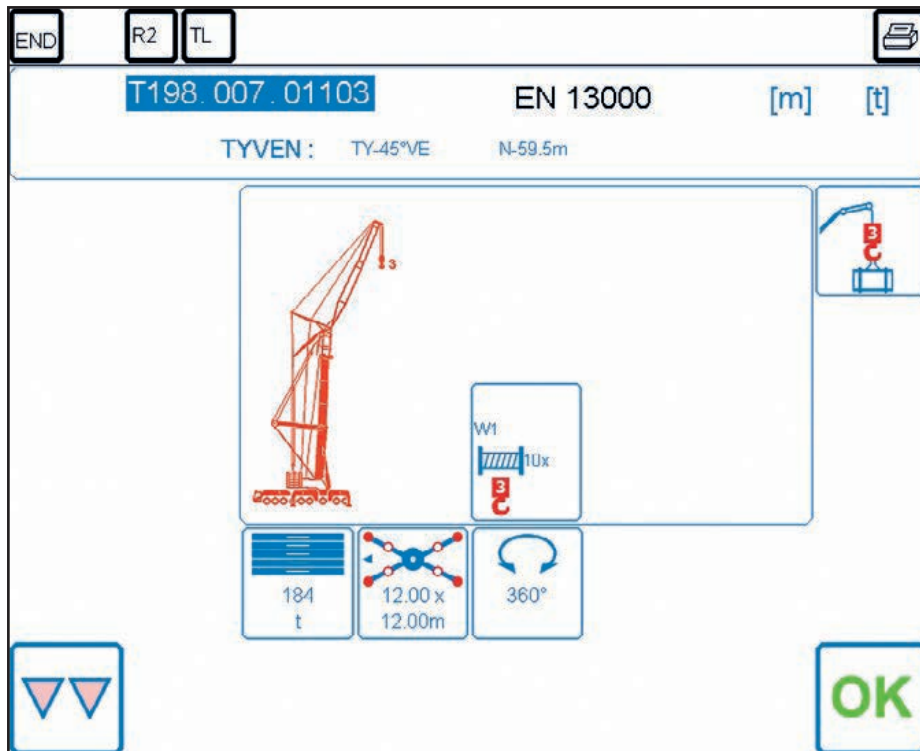
Velocidades do vento permitidas											WAB-TAB198-007-001-00		
H A	A	H I	W H A	W H I	R A D	H K F L	O W B	V W M A X	V W A B F	V W R S T			
[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[m]	[t]	[t]	[m/s]	[m/s]	[m/s]			
T-16.3 (0/0/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	41.8	2.0	var.	16.8	13.3	8.9			
T-16.3 (0/0/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	41.8	2.0	var.	16.8	13.3	8.9			
T-21.8 (0/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	52	41.6	2.0	var.	16.6	13.1	8.9			
T-21.8 (0/0/46)	A-9.0	N-59.5	84	52	41.6	2.0	var.	16.6	13.1	8.9			
T-27.2 (46/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	50	43.7	2.0	var.	16.1	12.9	8.9			
T-32.7 (92/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	43.5	2.0	var.	15.8	12.6	8.9			
T-38.2 (92/92/0)	A-9.0	N-59.5	84	49	45.6	2.0	var.	15.2	12.4	8.9			
T-43.7 (92/92/46)	A-9.0	N-59.5	84	50	45.4	2.0	var.	14.9	12.2	8.9			
T-49.1 (92/92/92)	A-9.0	N-59.5	84	48	47.6	2.0	var.	14.3	11.9	8.9			

Através da retração da lança telescópica de T-49.1 (92/92/92) para T-16.3 (0/0/0), a velocidade do vento permitida aumenta de 14,3 m/s para 16,8 m/s.



Qual velocidade de rajada é permitida a 10 m de altura para T-49.1 (92/92/92)?

Determinação da altura da roldana pelo planejador de recursos:





Altura da roldana: 108.9 m

Determinação da altura pelo comprimento total do sistema: $49.1 + 9 + 59.5 = 117.6$ m

A velocidade da rajada de vento prevista é de 11 m/s a uma altura de 10 m

Através da conversão pela tabela no ponto 2.3.1, é determinada uma velocidade de rajada de 14,2 m/s a uma altura de 120 m, ou seja, o guindaste pode ser baixado.

Através da retração da lança, a velocidade da rajada de vento permitida aumenta para 16,8 m/s, o que significa um aumento significativo da segurança e é necessário sempre realizar interrupções mais longas.

6. 2. 2 Exemplo de guindaste com lança treliçada:

LR 11000 - SDWB

Lança principal: S-54 m

Lança auxiliar treliçada abátivel: W-114 m

Lança Derrick: D-36 m

Contrapeso OW: 210 t

Lastro central: 50 t

Peso do moitão de gancho: 14 t

Se não houver tabelas com o contrapeso do Derrick, mas um modo de operação estiver equipado com o Derrick, é necessário usar as tabelas sem contrapeso do Derrick. O contrapeso do Derrick deve ser baixado sobre o solo.

Exemplo:

Equipado com a tabela a ser utilizada

SDB - SD

SDWB - SDW

SDWB2- SDW - a guia do contrapeso deve ser desmontada



Sistema SDWB

Indicação

- ▶ Peso de moitão 18t
- ▶ **Contrapeso** do Derrick 0t
- ▶ Contrapeso da plataforma giratória 210t
- ▶ Contrapeso central 50t
- ▶ Raio Derrick 12m
- ▶ Quantidade de mecanismos de rotação: 3

Velocidade da rajada de vento máxima permitida para preparar o guindaste
 Velocidade de rajada máxima permitida no ponto mais alto para girar o guindaste
 Velocidade de rajada máxima permitida no ponto mais alto do guindaste
 Raio do Derrick
 Contrapeso central
 Contrapeso da plataforma geratória
 Peso do moitão de gancho máximo permitido
 Raio da cabeça da roldana
 Ângulo do lança auxiliar treliçada
 Ângulo da lança principal
 Lança auxiliar treliçada
 Derrick
 Lança principal

wab_235_008_00001_00_000

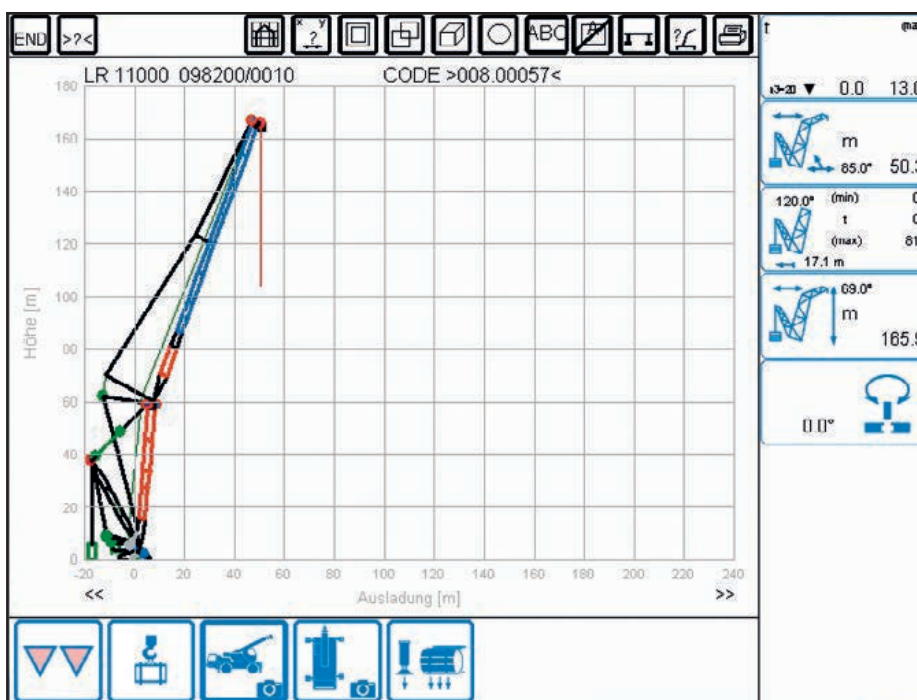
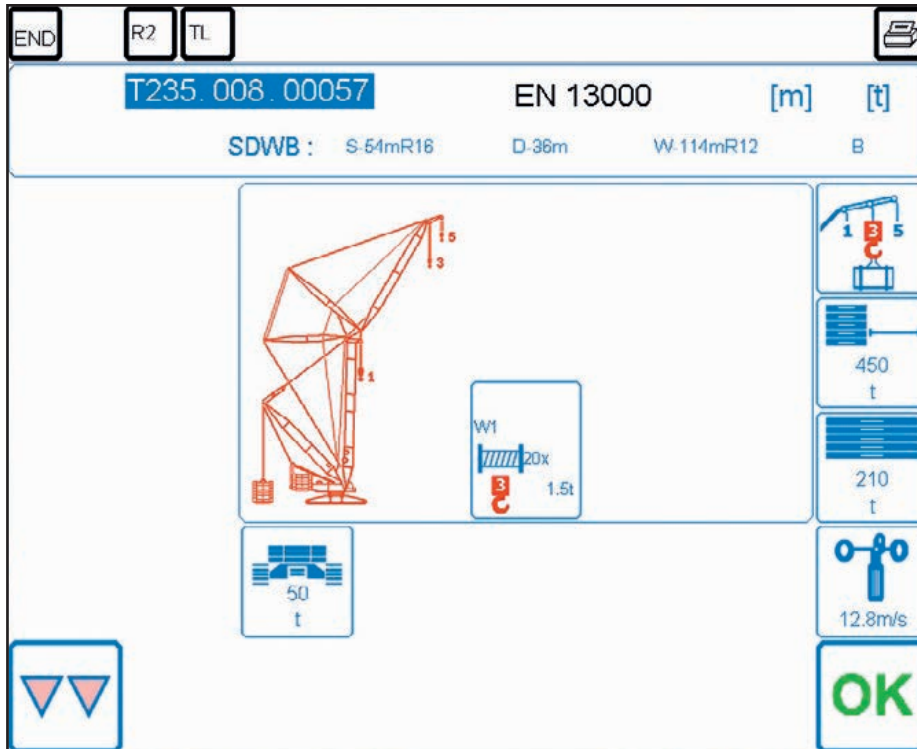
H A	D	H I	W A	W I	R A D	H K F L	O W B	Z B L	D R A D	V W A B	V W A B F	V W R S T
[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[m]	[t]	[t]	[t]	[m]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
S-48	D-36	W-108	85	67	51.1	18.0	210	50	12	17.6	14.3	8.9
S-48	D-36	W-114	85	68	51.6	18.0	210	50	12	17.1	13.5	8.9
S-54	D-36	W-18	75	0	35.2	18.0	210	50	12	23.4	23.4	8.9
S-54	D-36	W-24	75	0	41.2	18.0	210	50	12	24.9	24.9	8.9
S-54	D-36	W-30	75	30	44.1	18.0	210	50	12	24.0	24.0	8.9
S-54	D-36	W-36	75	45	43.9	18.0	210	50	12	23.6	23.6	8.9
S-54	D-36	W-42	75	55	42.8	18.0	210	50	12	23.2	23.1	8.9
S-54	D-36	W-48	75	60	42.8	18.0	210	50	12	22.6	21.8	8.9
S-54	D-36	W-54	75	65	41.7	18.0	210	50	12	22.1	20.4	8.9
S-54	D-36	W-60	80	52	50.9	18.0	210	50	12	21.2	21.0	8.9
S-54	D-36	W-66	80	58	49.0	18.0	210	50	12	20.7	19.7	8.9
S-54	D-36	W-72	80	62	47.9	18.0	210	50	12	20.2	18.5	8.9
S-54	D-36	W-78	80	66	45.9	18.0	210	50	12	19.7	17.3	8.9
S-54	D-36	W-84	80	68	45.7	18.0	210	50	12	19.2	16.4	8.9
S-54	D-36	W-90	85	61	53.0	18.0	210	50	12	18.5	16.8	8.9
S-54	D-36	W-96	85	63	52.9	18.0	210	50	12	18.0	15.8	8.9
S-54	D-36	W-102	85	66	50.9	18.0	210	50	12	17.5	15.0	8.9
S-54	D-36	W-108	85	68	49.9	18.0	210	50	12	17.2	14.2	8.9
S-54	D-36	W-114	85	69	50.3	18.0	210	50	12	16.7	13.4	8.9



As influências do vento na operação do guindaste

Qual velocidade de rajada é permitida a 10 m de altura?

Determinação da altura da roldana pelo planejador de recursos



Altura da roldana: 165,9 m

Determinação da altura pelo comprimento total do sistema: 54 m + 114 m = 168 m

A velocidade da rajada de vento prevista é de 11 m/s a uma altura de 10 m. Através da conversão pela tabela no ponto 2.3.1, é determinada uma velocidade de rajada de vento de 14,9 m/s a uma altura de 170 m, ou seja, o guindaste pode ser baixado. São permitidos 16,7 m/s.



7. Comentários Finais

O boom na área de geração eólica que se verifica nos últimos anos provocou muitas inovações dos fabricantes de guindastes. Nunca antes foram colocados tantos geradores em operação para atender a demanda crescente de novas turbinas eólicas e tecnologias afins, como hoje.

Na instalação de uma moderna usina de energia eólica, cuidados devem ser tomados para garantir que o tamanho do guindaste seja adequado ao peso da casa de máquinas, à área da superfície do rotor exposta ao vento, em conjunto com a altura do cubo. Da mesma forma isto precisa ser considerado quando da realização de trabalhos de reparo ou manutenção.

A influência do vento sobre o guindaste e sobre a carga passou a ser fortemente enfatizada na mente dos usuários de guindastes na instalação de usinas eólicas; visto que nestes casos o guindaste é utilizado em locais onde devem esperar ventos mais fortes.

“O dobro da velocidade do vento representa quatro vezes mais carga de vento sobre a lança e a carga”; é o que dita a regra.

A fim de melhor avaliar os riscos e assim, evitar acidentes de trabalho com o guindaste, formulamos este documento abrangendo o tema “A influência do vento sobre a operação dos guindastes”. Além disso, colegas competentes da **Liebherr-Werk Ehingen GmbH** estão à disposição do leitor para responder a quaisquer dúvidas que o leitor possa ter.



8. Apêndice

8. 1 Guindastes LIEBHERR na Energia Eólica

8. 1. 1 Atuais guindastes móveis sobre pneus (2016)



Dados Técnicos LTM 1350-6.1	
Capacidade máx. de carga	350t a 3m
Lança Telecópica	70 m
Altura máx. de elevação	134 m
Potência do motor do veículo	Liebherr 8 cilindros turbo-diesel 450 kw
Potência do motor do guindaste	Liebherr 4 cilindros turbo-diesel 180 kw
Sistema de tração, direção	12x8x12
Velocidade max.	80 km/h
Peso	72t (6x12t carga por eixo)
Tamanho de gerador eólico	< 1 MW*

LTM 1350-6.1



Technical data LTM 1400-7.1	
Capacidade máx. de carga	400 t at 3 m
Lança Telecópica	60 m
Altura máx. de elevação	130 m
Potência do motor do veículo	Liebherr 8 cilindros turbo-diesel 450 kW
Potência do motor do guindaste	Liebherr 6 cilindros turbo-diesel 240 kW
Sistema de tração, direção	14 x 8 x 14
Velocidade max.	80 km/h
Peso	84t (7x12t carga por eixo)
Tamanho de gerador eólico	< 1.5 MW*

LTM 1400-7.1



Technical data LTM 1450-8.1	
Capacidade máx. de carga	450 t at 3 m
Lança Telecópica	85 m
Altura máx. de elevação	131 m
Potência do motor do veículo	Liebherr 8 cilindros turbo-diesel 505 kW
Potência do motor do guindaste	conceito de um motor
Sistema de tração, direção	16 x 8 x 16
Velocidade max.	85 km/h
Peso	96t (8x12t carga por eixo)
Tamanho de gerador eólico	< 1.5 MW*

LTM 1450-8.1

* Os tamanhos indicados de geradores eólicos são meros exemplos. O tamanho correto do guindaste deverá ser determinado através de um planejamento detalhado da operação e análise das cargas de vento!



LTM 1500-8.1



Technical data LTM 1500-8.1	
Capacidade máx. de carga	500 t at 3 m
Lança Telecópica	50/84 m
Altura máx. de elevação	142 m
Potência do motor do veículo	Liebherr 8 cilindros turbo-diesel 500 kW
Potência do motor do guindaste	Liebherr 6 cilindros turbo-diesel 240 kW
Sistema de tração, direção	16 x 8 x 12
Velocidade max.	80 km/h
Peso	96t (8x12t carga por eixo)
Tamanho de gerador eólico	< 2 MW*

LTM 1750-9.1



Technical data LTM 1750-9.1	
Capacidade máx. de carga	750 t at 3 m
Lança Telecópica	52 m
Altura máx. de elevação	154 m
Potência do motor do veículo	Liebherr 8 cilindros turbo-diesel 505 kW
Potência do motor do guindaste	Liebherr 6 cilindros turbo-diesel 300 kW
Sistema de tração, direção	18 x 8 x 18
Velocidade max.	80 km/h
Peso	108t (9x12t carga por eixo)
Tamanho de gerador eólico	2 MW*

LTM 11200-9.1



Technical data LTM 11200-9.1	
Capacidade máx. de carga	1200 t at 2.5 m
Lança Telecópica	100 m
Altura máx. de elevação	188 m
Potência do motor do veículo	Liebherr 8 cilindros turbo-diesel 500 kW
Potência do motor do guindaste	Liebherr 6 cilindros turbo-diesel 270 kW
Sistema de tração, direção	18 x 8 x 18
Velocidade max.	75 km/h
Peso	108t (9x12t carga por eixo)
Tamanho de gerador eólico	2 - 3 MW*

* Os tamanhos indicados de geradores eólicos são meros exemplos. O tamanho correto do guindaste deverá ser determinado através de um planejamento detalhado da operação e análise das cargas de vento!



As influências do vento na operação do guindaste

8. 1. 2 Atuais guindastes sobre esteiras, lança telescópica (2016)

Technical data LTR 11200	
Capacidade máx. de carga	1200 t at 3 m
Pressão sobre o solo	~ 14 t/m ²
Altura máx. de elevação	189 m
Potência do motor de translação /guindaste	Liebherr 6 cilindros turbo-diesel 270 kW
Capacidade admissível de subida	17,6 %
Peso Total	~ 380 t
Velocidade de translação	max. 1,8 km/h
Total de Lastro	202 t
Tamanho de gerador eólico	2 - 3 MW*



LTR 11200

8. 1. 3 Atuais guindastes sobre esteira, lança treliçada (2016)

Technical data LR 1350	
Capacidade máx. de carga	350 t at 6 m
Alcance máx. Lança (raio)	110 m
Altura máx. de elevação	152 m
Potência do motor de translação /guindaste	Liebherr 6 cilindros turbo-diesel 270 kW
Bitola	8.4 m
Lastro da plataforma giratória	max. 125 t
Lastro central	max. 38 t
Lastro do Derrick	max. 210 t x R 15 m
Tamanho de gerador eólico	< 1.5 MW*



LR 1350

Technical data LR 1400/2	
Capacidade máx. de carga	400 t at 4.5 m
Alcance máx. Lança (raio)	120 m
Altura máx. de elevação	164 m
Potência do motor de translação /guindaste	Liebherr 6 cilindros turbo-diesel 270 kW
Bitola	8.7 m
Lastro da plataforma giratória	max. 155 t
Lastro central	max. 43 t
Lastro do Derrick	max. 260 t x R 15 m
Tamanho de gerador eólico	< 2 MW*



LR 1400

* Os tamanhos indicados de geradores eólicos são meros exemplos. O tamanho correto do guindaste deverá ser determinado através de um planejamento detalhado da operação e análise das cargas de vento!



LR 1500



Technical data LR 1500	
Capacidade máx. de carga	500 t at 11 m
Alcance máx. Lança (raio)	144 m
Altura máx. de elevação	165 m
Potência do motor de translação /guindaste	Liebherr 6 cilindros turbo-diesel 350 kW
Bitola	9.1 m
Lastro da plataforma giratória	max. 170 t
Lastro central	max. 40 t
Lastro do Derrick	max. 280 t x R 16 m
Tamanho de gerador eólico	2 MW*

LR 1600/2



Technical data LR 1600/2	
Capacidade máx. de carga	600 t at 11 m
Alcance máx. Lança (raio)	152 m
Altura máx. de elevação	187 m
Potência do motor de translação /guindaste	Liebherr 6 cilindros turbo-diesel 400 kW
Bitola	9.9 m
Lastro da plataforma giratória	max. 190 t
Lastro central	max. 65 t
Lastro do Derrick	max. 350 t x R 18 m
Tamanho de gerador eólico	2 - 3 MW*

LR 1600/2-W



Technical data LR 1600/2-W	
Capacidade máx. de carga	600 t at 11 m
Alcance máx. Lança (raio)	144 m
Altura máx. de elevação	166 m
Potência do motor de translação /guindaste	Liebherr 6 cilindros turbo-diesel 400 kW
Bitola	5.8 m
Lastro da plataforma giratória	max. 190 t
Lastro do Derrick	max. 350 t x R 18 m
Tamanho de gerador eólico	2 - 3 MW*

* Os tamanhos indicados de geradores eólicos são meros exemplos. O tamanho correto do guindaste deverá ser determinado através de um planejamento detalhado da operação e análise das cargas de vento!



Technical data LR 1750/2	
Capacidade máx. de carga	750 t at 7 m
Alcance máx. Lança (raio)	156 m
Altura máx. de elevação	191 m
Potência do motor de translação /guindaste	Liebherr 8 cilindros turbo-diesel 455 kW
Bitola	10.3 m
Lastro da plataforma giratória	max. 245 t
Lastro central	max. 95 t
Lastro do Derrick	max. 400 t x R 20 m
Tamanho de gerador eólico	3 MW*



LR 1750/2

Technical data LR 11000	
Capacidade máx. de carga	1000 t at 11 m
Alcance máx. Lança (raio)	180 m
Altura máx. de elevação	224 m
Potência do motor de translação /guindaste	Liebherr 8 cilindros turbo-diesel 500 kW
Bitola	11.2 m
Lastro da plataforma giratória	max. 250 t
Lastro central	max. 90 t
Lastro do Derrick	max. 450 t x R 20 m
Tamanho de gerador eólico	< ? MW*



LR 11000

Technical data LR 11350	
Capacidade máx. de carga	1350 t at 12 m
Alcance máx. Lança (raio)	128 m
Altura máx. de elevação	196 m
Potência do motor de translação /guindaste	Liebherr 6 cilindros turbo-diesel 641 kW
Bitola	11 m
Lastro da plataforma giratória	max. 340 t
Lastro central	max. 30 t
Lastro do Derrick	max. 600 t x R 25 m
Tamanho de gerador eólico	5 - 6 MW*



LR 11350

* Os tamanhos indicados de geradores eólicos são meros exemplos. O tamanho correto do guindaste deverá ser determinado através de um planejamento detalhado da operação e análise das cargas de vento!



LG 1750

8. 1. 4 Atuais guindastes de lança treliçada (2016)



Technical data LG 1750	
Capacidade máx. de carga	750 t at 7 m
Alcance máx. Lança (raio)	136 m
Altura máx. de elevação	193 m
Potência do motor do veículo	Liebherr 8 cilindros turbo-diesel 505 kW
Potência do motor do guindaste	Liebherr 8 cilindros turbo-diesel 455 kW
Sistema de direção	16 x 8 x 16
Velocidade max.	80 km/h
Total de Lastro	650 t
Tamanho de gerador eólico	3 - 5 MW*

* Os tamanhos indicados de geradores eólicos são meros exemplos. O tamanho correto do guindaste deverá ser determinado através de um planejamento detalhado da operação e análise das cargas de vento!



8. 2 Solução dos Exercícios

Solução do exercício 1:

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Carga de vento | <input type="checkbox"/> Energia Eólica |
| <input type="checkbox"/> Evaporação | <input checked="" type="checkbox"/> Vento da parte traseira |
| <input checked="" type="checkbox"/> Vento de frente | <input checked="" type="checkbox"/> Vento de lado |

Solução do exercício 2:

Vento de trás: A atuação (desligamento) da LMB (dispositivo limitadora de momento de carga) ocorre já com uma carga a qual é menor do que a carga máxima admitida na tabela de carga.

Vento da parte da frente: O corte só ocorre após uma carga que é maior que a capacidade de carga máxima admissível.

Vento de lado: Não há atuação do LMB.

Solução do exercício 3:

- Nenhum
- A carga pode balançar
- A carga gira em torno do cabo
- O raio da carga pode aumentar

Solução para o exercício 4:

- Na figura 12 vemos florestas e terrenos irregulares o que corresponde à classe 3 de rugosidade.
- Na figura 13 vemos uma paisagem com algumas casas e árvores e espaços livres o que corresponde à classe 2 de rugosidade.

Solução do exercício 6:

- Vento fraco causado por uma diferença na pressão do ar
- Forte agitação do vento de curta duração
- Forte agitação do vento por um período de 3 segundos superior à velocidade média do vento, durante um período de 3 segundos

Solução do exercício 6:

Velocidade da rajada de vento determinada de acordo com a figura 11: **4 m/s**
Fator para altura de 140 m com velocidade de rajada de vento disponível: **1,319**

$$4 \text{ m/s} \times 1,319 = \underline{\underline{5,276 \text{ m/s}}}$$



Solução do exercício 7:

$$2.6 \text{ m}^2 \times 1.2 = \underline{3.12 \text{ m}^2}$$

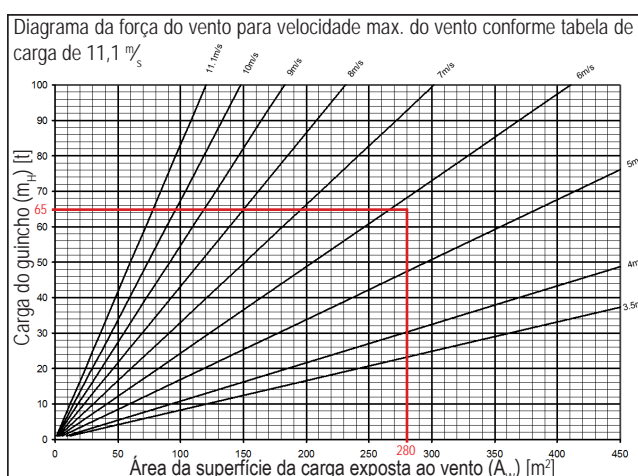
Solução do exercício 8:

Se a velocidade do vento **atual** exceder a velocidade do vento **admissível** conforme tabela de carga, a operação com o guindaste deve ser **suspensa** e a lança deverá ser **baixada** caso a velocidade do vento **admissível** no gráfico de vento guindaste for **excedida**.

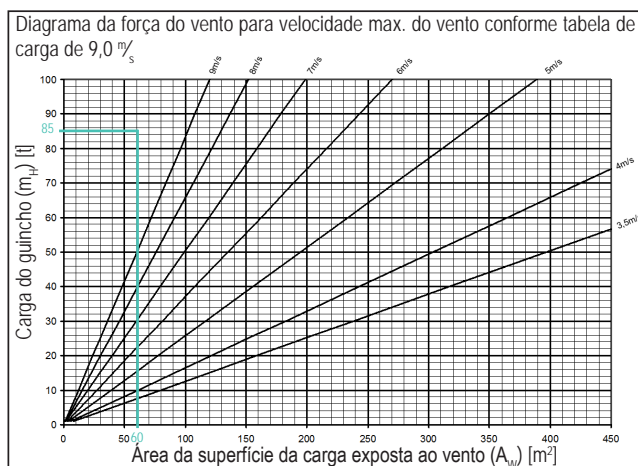
Solução do exercício 9:

11,1 m/s

Solução do exercício 10:



Solução do exercício 11:



Solução do exercício 12:

Uma possível configuração do telescópico seria pinar as seções 4 e 5 em 46%. Em conformidade com o diagrama de força do vento 12,8 m/s a velocidade do vento permitida é de **6,2 m/s**.

Solução do exercício 13:

Uma possível configuração do telescópico seria pinar a seção telescópica 4 em 100% e as seções telescópicas 5-7 em 50%. Em conformidade com o diagrama de força do vento 11,1 m/s a velocidade do vento permitida é de **7,7 m/s**.



Source: @Westermeerwind

Parceiro da indústria eólica

A Liebherr é um forte parceiro para a indústria eólica. Equipamentos para terraplanagem, guindastes offshore e guindastes móveis e sobre esteiras da Liebherr são usados para a construção de parques eólicos e para a instalação de turbinas

eólicas. Alguns componentes da Liebherr, como acionadores e motores são diretamente utilizados nos sistemas e as máquinas-ferramentas da Liebherr têm um papel cada vez mais importante na fabricação de produtos para a indústria eólica.



Equipamentos para terraplanagem e tecnologia mista

Na construção de parques eólicos, os equipamentos para terraplanagem da Liebherr provaram seu valor. Para as fundações de turbinas eólicas são utilizadas betoneiras e caminhões betoneiras da Liebherr, na construção de torres de concreto armado, são usados sistemas estacionários especiais.

Guindastes offshore

Mesmo para a construção de turbinas eólicas no mar, a Liebherr oferece soluções convincentes. Todos os requisitos podem ser atendidos: unidades de acionamento operadas a diesel ou elétricas, guindastes à prova de explosão ou guindastes de zonas de proteção, bem como guindastes para uso a temperaturas ambientes entre +40 °C e -50 °C.

Componentes

A Liebherr é o único fabricante mundial que pode entregar não apenas componentes individuais, como também todo o sistema para ajuste eletromecânico e hidráulico da pá do rotor e também de azimute em turbinas eólicas, por meio dos rolamentos de giro, acionamentos rotativos, motores elétricos e cilindros hidráulicos.

Máquinas-ferramentas e tecnologia de automação

As máquinas de talhar engrenagens da Liebherr contribuem muito para que componentes dentados em turbinas eólicas, por exemplo, em caixas de velocidades principais, atendam às elevadas exigências de qualidade. A tecnologia de automação da Liebherr garante alta produtividade na produção da pá do rotor.

www.liebherr.com