

Influência das Chuvas em Obras de Engenharia

1. **Objetivo**

Atender ao Acórdão 1.4328/2005-TCU-Plenário e determinação do Memorando nº 1862/2005 CGCTR/DIT do Ministério dos Transportes

2. **Introdução**

Normalmente as empresas planejam suas obras para serem executadas sob as mais diversas situações, de forma a minimizar custos sem perda da qualidade e, em consequência, não caberia acréscimo ao custo previsto por ocasião da elaboração do orçamento da obra, pois os mesmos já estariam incluídos nos preços dos serviços propostos. No entanto, as condições climáticas nem sempre ocorrem de acordo com as previsões e nos casos excepcionais podem causar transtornos consideráveis.

A presente metodologia contempla um acréscimo, a ser incluído nos custos previstos nas composições do SICRO2, de forma a que a eventualidade da ocorrência de chuvas imprevistas seja motivo apenas para adicionais de prazo ao contrato das obras e nunca de aumento de preço.

3. **Considerações Gerais**

3.1 As obras de engenharia podem ser afetadas pelas chuvas em diversos graus de intensidade e seus efeitos estão diretamente relacionados com a natureza do solo (textura, granulometria, permeabilidade), com a declividade do terreno e com a cobertura vegetal.

3.2 Será considerada apenas a interferência das chuvas em obras ao ar livre, pois em obras cobertas os trabalhos externos podem ser redirecionados para serviços internos.

3.3 As influências favoráveis da temperatura, dos ventos e da umidade relativa do ar, no processo de evaporação, não serão consideradas, em virtude do valor desses efeitos não serem muito significativos.

3.4 Os insumos que compõem o custo são afetados de formas diferentes, conforme abaixo:

- Equipamentos: Ficam parados. Em consequência, será considerado apenas o custo da hora do operador.
- Materiais: Não são afetados.
- Mão de Obra: Afetada em 100%

4. **Metodologia**

4.1 Será definido um fator de interferência de chuva (**fc**), compreendendo o peso dos diversos fatores que interferem na execução das obras, de forma atenuante ou agravante, a ser aplicado nas composições de custo.

Os elementos que compõem o fator **fc** serão analisados isoladamente, sob a influência da chuva, sem a interferência dos demais efeitos, conforme abaixo:

fa = Fator da Natureza da Atividade , definido no item 4.2
fp = Fator de Permeabilidade do Solo, definido no item 4.3
fe = Fator de Escoamento Superficial, definido no item 4.4
nd = percentual do número de dias paralizados por ocorrência de chuva no mês, característico por cada região geográfica do país, definido no item 4.5

$$fc = fa \cdot fp \cdot fe \cdot nd$$

O fator **fa** define em que grau algumas atividades sofrem interferência da chuva na execução do serviço.

O fator **nd** é um percentual calculado para cada estado do país, resultante de observações pluviométricas.

Os fatores **fp** e **fe** podem reduzir o valor de **fc**, por apresentarem elementos atenuantes do efeito das chuvas e, conforme os itens 4.3 e 4.4, ambos tem o valor de 0,75. Em consequência, o valor de **fc** será o seguinte:

$$fc = fa \cdot 0.75 \cdot 0.75 \cdot nd = 0.5625 \cdot fa \cdot nd$$

O fator de interferência de chuva (**fc**) será aplicado nas composições de custo, incidindo sobre o custo dos operadores dos equipamentos e da mão de obra, como um sobrecusto a ser adicionado ao custo total, conforme abaixo:

$$\begin{aligned} \text{Mão de Obra} &= (\text{Custo} + \text{Encargos Sociais}) \cdot fc \\ \text{Operador} &= (\text{Custo} + \text{Encargos Sociais}) \cdot fc \end{aligned}$$

Por essa forma de procedimento, os dados relativos a **fa** e **nd** ficam disponibilizados no sistema computacional responsável pelo cálculo do orçamento, como "default", podendo ser modificados em função de possíveis ajustes futuros. Os cálculos podem ser realizados automaticamente, bastando informar apenas o Estado em que a obra será realizada, sem ser necessário a introdução de dados manualmente.

4.2 Fator da Natureza da atividade (**fa**)

Podemos considerar a interferência significativa das chuvas apenas para os serviços abaixo relacionados, para os quais será estimado um fator de atividade:

Atividade	Interferência (Fator da Natureza da Atividade)			
	fa=0,5	fa=0,75	fa=1	fa=2
Escavação, Carga e Transporte Solos Moles			x	
Escavação, Carga e Transporte Mat 1a Categoria			x	
Transporte em caminhos de terra			x	
Compactação de aterros em solo				x
Compactação de material de bota-fora				x
Reforço do sub-leito			x	
Regularização do sub-leito			x	
Sub-base solo estabilizado			x	
Base de solo estabilizado			x	

Base brita graduada	x			
Base de macadame hidráulico	x			
Base de solo cimento			x	
Base de solo brita			x	
Sub-base de solo melhorado com cimento			x	
Reciclagem de pavimentos		x		
Escavação de valas			x	
Tapa-buraco			x	

O fator $f_a=2$, estimado para as atividades de compactação, deve-se ao fato de ser necessário que o solo esteja seco para ser possível a execução da atividade, o que pode ocorrer em um período médio de 72 horas após a ocorrência da chuva.

4.3 Fator de Permeabilidade do solo (f_p)

A permeabilidade do solo será considerada máxima em solos arenosos (terrenos permeáveis) e mínima em solos argilosos (terreno não permeável).

A influência da higroscopia do solo será máxima em solos argilosos e mínima em solos arenosos.

A permeabilidade máxima permite uma interferência mínima e a higroscopia máxima possibilita uma interferência máxima.

Solo	Interferência (Fator de permeabilidade do Solo)
Areia	0,50
Areia Argilosa	0,75
Argila Arenosa	0,75
Argila	1,00

Considerando que a ocorrência média dos solos é do tipo Argila Arenosa ou Areia Argilosa, será considerado $f_p = 0,75$

4.4 Fator de Escoamento Superficial (f_e)

A parcela de infiltração é inversamente proporcional à declividade do terreno, sendo que as partes mais baixas sofrem maior interferência.

A presença da cobertura vegetal em campos, cerrados ou em áreas gramadas, contribui para diminuir o escoamento superficial. Na grande maioria das obras, o terreno encontra-se livre da presença vegetal e nas atividades relacionadas com desmatamento, capina e roçada, a presença da chuva causa muito pouca interferência.

Será considerado um fator de escoamento superficial, em função apenas da declividade, conforme abaixo:

Declividade (%)	Interferência (Fator de Escoamento Superficial)
<1	1,00
≥ 1 e ≤ 5	0,75
≥ 5	0,50

Considerando a ocorrência média das declividades nas obras, será considerado $f_e = 0,75$

4.5 Intensidade das chuvas

Uma parcela da chuva escoar superficialmente e o restante evapora ou é absorvido pelo solo.

Durante sua ocorrência, pode ocorrer a paralisação dos serviços, em função de sua intensidade. Na maioria das obras descobertas, tão logo estas acabem, as atividades podem ser retomadas.

Chuvas intensas também podem interferir após sua ocorrência, pela ação da parcela absorvida pelo solo.

Podemos minimizar a parcela absorvida pelo solo, aumentando o escoamento superficial, através da:

- adoção de inclinações adequadas dos sub-leitos ou plataformas de trabalho e de valas de drenagem. Inclinações de 1% a 2% podem garantir que apenas uma parcela mínima da chuva seja absorvida.
- proteção com coberturas, de lona ou plástico, das pistas de trabalho e os depósitos de materiais a serem utilizados.

Será considerado um fator de intensidade da chuva (**nd**), em que a interferência será considerada por fração de dia paralisado, conforme abaixo:

Intensidade da Chuva (mm/dia)	Interferência (dia paralisado)
< 5	0,00
≥ 5 e < 10	0,25
≥ 10 e < 15	0,50
≥ 15 e < 20	0,75
≥ 20	1,00

Em função da tabela acima, da intensidade diária das chuvas obtidas de observações dos postos pluviométricos da ANA (Agência Nacional de Águas) e considerando observações realizadas durante cinco anos, serão calculados fatores (**nd**), por estado, relativos ao percentual médio de dias efetivamente paralisados pelas chuvas.

nd = número de dias paralisados do mês / número de dias do mês

O número de dias em que será considerada a paralisação das atividades será a soma das interferências diárias, não havendo distinção entre dias úteis e não úteis.

Exemplo:
Posto 1448000 - Goiás
Jan 1999

Dia	Chuva mm	Dias Paralisados
1	0	0
2	32,4	1,00
3	5,8	0,25
4	0	0
5	2,1	0
6	20,6	1,00
7	0	0
8	0	0
9	7,3	0,25
10	2,8	0
11	1,7	0
12	6	0,25
13	4,3	0
14	36,2	1,00
15	18	0,75
16	0	0
17	2	0
18	10,3	0,50
19	0	0
20	0	0
21	0	0
22	0	0
23	0	0
24	0	0
25	0	0
26	0	0
27	10	0,50
28	0	0
29	0	0
30	5,3	0,25
31	0	0
soma		5,75

$$nd = 5,75/31 = 0,1854839$$

A localização dos postos pluviométricos, as tabelas de intensidade das chuvas e as tabelas de dias paralisados constam do Anexo 1

Em conformidade com os dados do Anexo 1, os valores de **nd** são os seguintes:

Região	Estado	nd
Norte	Acre	0,1925
	Amazonas	0,2073
	Amapá	0,2045
	Pará	0,1646
	Tocantins	0,1295
	Rondônia	0,1723
	Roraima	0,1693
Centro Oeste	Distrito Federal	0,1130
	Goiás	0,1140
	Mato Grosso	0,1255
	Mato Grosso do Sul	0,0988
Sul	Paraná	0,1263
	Rio Grande do Sul	0,1330
	Santa Catarina	0,1545
Nordeste	Alagoas	0,0780
	Bahia	0,0654
	Ceará	0,0655
	Maranhão	0,1150
	Paraíba	0,0720
	Pernambuco	0,0710
	Piauí	0,0780
	Rio Grande do Norte	0,0530
	Sergipe	0,1100
Sudeste	Espírito Santo	0,1005
	Minas Gerais	0,0880
	Rio de Janeiro	0,1115
	São Paulo	0,1190

5. Exemplos

5.1 Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria DMT 1000 a 1200m com carregadeira

Produção da equipe = 214 m³

Estado: Santa Catarina

fa = 1

nd = 0,1545

Equipamento	Quant
Trator de Esteiras	1
Motoniveladora	1
Carregadeira de Pneus	1
Caminhão Basculante	5
Mão de Obra	
Encarregado de Turma	1
Servente	3

*

Salários com encargos (Sicro2 - Jul 06)

Operador de Trator = R\$ 12,6/h

Operador de Carregadeira = R\$ 12,6/h

Operador de Motoniveladora = R\$ 13,3/h

Motorista de Caminhão = R\$ 11,52/h

Encarregado de Turma = R\$15,48/h

Servente = R\$ 7,2/h

Mão de Obra = $(15,48 + 3 \cdot 7,2) / 214 = 0,0824299 / m^3$

Operadores = $(12,6 \cdot 2 + 13,3 + 11,52 \cdot 5) / 214 = 0,4490654/m^3$

Adicional de chuva:

AC = Adicional de Chuva = $(0,0824299 + 0,4490654) \cdot 0,5625 \cdot 1 \cdot 0,1545$

AC = R\$ 0,0462/ m³

Valor previsto para o serviço (Sicro2 - Jul 06) = R\$ 6,72 /m³

Acréscimo percentual do adicional de chuva = 0,6875 %

5.2 Regularização do Subleito

Produção da equipe = 841 m³

Estado: Amazonas

fa = 1

nd = 0,2073

Equipamento	Quant
Motoniveladora	1
Trator Agrícola c/ grade de disco	1
Rolo Compactador Pé de Carneiro	1
Rolo Compactador de Pneus	1
Caminhão Tanque	1
Mão de Obra	
Encarregado de Turma	1
Servente	3

Salários com encargos (Sicro2 - Jul 06)

Operador de Rolo Compactador = R\$ 12,6/h

Operador de Trator Agrícola = R\$ 12,6/h

Operador de Motoniveladora = R\$ 13,3/h

Motorista de Caminhão = R\$ 11,52/h

Encarregado de Turma = R\$15,48/h

Servente = R\$ 7,2/h

Mão de Obra = $(15,48 + 3 \cdot 7,2) / 814 = 0,045528 / m^3$

Operadores = $(12,6 \cdot 3 + 13,3 + 11,52) / 814 = 0,0769287/m^3$

Adicional de chuva:

AC = Adicional de Chuva = $(0,045528 + 0,0769287) \cdot 0,5625 \cdot 1 \cdot 0,2073$

AC = R\$ 0,01428/ m³

Valor previsto para o serviço (Sicro2 - Jul 06) = R\$ 0,63 / m³

Acréscimo percentual do adicional de chuva = 2,267 %

6. **Aditivo de prazo ao contrato da obra**

Para concessão de aditivo de prazo ao contrato da obra, o valor máximo de dias a ser considerado será o produto do valor de **nd** pelo número de dias do mês, conforme abaixo:

Dias adicionais de prazo ao contrato = **nd** · número de dias do mês

Rio de Janeiro, RJ, 18 de Outubro de 2006

Oswaldo Rezende Mendes
Eng FC - CREA 56413D/RJ