

INSTITUTO BRASILEIRO DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS - IBRAOP

INSTITUTO RUI BARBOSA – IRB / COMITÊ OBRAS PÚBLICAS

PROC–IBR–ROD 204/2025 – Análise de Fatores de Conversão Volumétricos para fins de Auditoria de Serviços de Terraplenagem

Primeira edição válida a partir de: ____/____/____

www.ibraop.org.br

www.irbcontas.org.br

1. OBJETIVOS/JUSTIFICATIVAS

O procedimento tem por objetivo determinar fatores de conversão volumétricos considerando as diferentes massas específicas aparentes secas de um mesmo material, a depender do seu estado de compactação, seja “*in natura*” (numa seção de corte ou caixa de empréstimo), compactado (com uma energia de compactação padronizada) ou solto (numa condição de ausência de esforço de adicional de compactação que não seja a própria ação da gravidade).

Os fatores de conversão podem ser utilizados para quantificação de serviços a partir de parâmetros conhecidos do material em determinados estados de compactação (volume e massa) e suas relações entre si, facilitando os cálculos de quantidades, conforme os critérios de quantificação ou de medição do serviço de terraplenagem em análise.

São exemplos de aplicação: obtenção do volume escavado “*in natura*” a partir do volume compactado; obtenção do volume solto transportado a partir do volume compactado; obtenção do volume solto transportado a partir do volume escavado “*in natura*”, obtenção do volume compactado a partir do volume escavado “*in natura*”, dentre tantas outras combinações que se fizerem necessárias.

Outro ponto importante refere-se à possível utilização de fatores de conversão para aferição ou determinação de parâmetros de precificação de serviços de terraplenagem.

Assim, a determinação de fatores de conversão poderá servir de subsídio para avaliação:

- a) do volume destinado aos bota-foras, conforme PROC-IBR-ROD 209/20XX – Análise Quantitativa dos Serviços de Bota-fora para fins de Auditoria;
- b) do volume de compactação de aterros, conforme PROC-IBR-ROD 210/20XX – Análise Quantitativa dos Serviços de Compactação de Aterros para fins de Auditoria;
- c) do volume dos serviços de escavação, carga e transporte, conforme PROC-IBR-ROD 211/20XX – Análise Quantitativa dos Serviços de Escavação, Carga e Transporte para fins de Auditoria;
- d) do momento de transporte dos materiais, conforme PROC-IBR-ROD 212/20XX – Análise dos Momentos de Transporte para fins de Auditoria de Serviços de Terraplenagem; e
- e) da compatibilidade dos volumes escavados, compactados e destinados aos bota-foras, conforme PROC-IBR-ROD 213/20XX – Análise da Compatibilidade dos Volumes Escavados, compactados e destinados a bota-foras para fins de Auditoria.

A importância dessa determinação está na possibilidade de sobrepreço ou superfaturamento quando se observa, na medição contratual, a apropriação de quantitativos de serviços superiores aos executados, em razão da apropriação de fatores de conversão incompatíveis com os volumes, com as massas específicas aparentes secas dos materiais utilizados na obra ou com os critérios de quantificação ou medição de serviços.

Observando-se as adaptações necessárias, inclusive quanto à existência de normas específicas, a Equipe de Auditoria também poderá utilizar o presente procedimento para análise de serviços de terraplenagem de outros tipos de obras.

2. EQUIPAMENTOS/INSTRUMENTOS NECESSÁRIOS

-

3. PROCEDIMENTO

A Equipe de Auditoria deve, primeiramente, avaliar os critérios de quantificação ou de medição do serviço a ser avaliado, sua respectiva unidade de medida e a condição de compactação do material a ser considerada para determinação das quantidades.

Cita-se, como exemplo, o Sistema de Custos de Obras Rodoviárias do DNIT (SICRO), em que a apropriação dos quantitativos de serviços de terraplenagem pode estar referenciada pelo volume do solo “*in natura*” (apropriado nos cortes ou nas caixas de empréstimo), como no caso dos serviços de escavação, carga e transporte, ou pelo volume do solo compactado (apropriado no corpo e na camada final do aterro), como no caso dos serviços de compactação.

Já no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, da Caixa Econômica Federal, a apropriação dos quantitativos de serviços de terraplenagem pode estar referenciada pelo volume solto do material transportado, como no caso de composições de serviços de transporte, carga e descarga de materiais.

Assim, a Equipe de Auditoria poderá obter o volume do material na condição de compactação conhecida ou na que melhor convier (“*in natura*”, compactado ou solto) e, a partir daí, por meio de fatores de conversão apropriados, obter o volume do material conforme o critério de quantificação ou medição do serviço.

Em regra, a obtenção do volume de certo material, por meio de fatores de conversão, ocorre pela razão existente entre as massas específicas aparentes secas desse mesmo material em duas das três condições de compactação do solo frequentemente utilizadas: “*in natura*”, compactado ou solto.

Por sua vez, massas específicas aparentes secas do material (“*in natura*”, compactado ou solto) podem ser obtidas utilizando-se o PROC-IBR-ROD 217/2024 – Determinação da Massa Específica Aparente Seca Máxima, Massa Específica Aparente Seca “*in situ*” e da Massa Específica Aparente Solta Seca para fins de Auditoria de Terraplenagem.

De posse desses parâmetros, a Equipe de Auditoria poderá determinar a relação existente entre essas massas específicas e a pertinência dos valores apropriados nas medições de serviços.

De modo genérico, o Fator de Conversão F_{Conv} pode ser representado pela seguinte equação:

$$F_{Conv} = \frac{M_1}{M_2}$$

Onde:

F_{Conv} é o Fator de Conversão volumétrico;

M_1 é a massa específica aparente seca do material no estado de compactação “*in natura*”, compactado ou solto; e

M_2 também é a massa específica aparente seca do material, todavia, em outro estado de compactação “*in natura*”, compactado ou solto não representado por M_1 .

O Fator de Conversão a ser adotado (F_c) pela Equipe de Auditoria será, em regra, o obtido das medições ou do controle tecnológico realizados pela equipe de fiscalização, supervisão ou execução da obra, caso não pesem dúvidas sobre a sua validade material e documental, e desde que a diferença entre o fator de conversão da obra e o Fator de Conversão calculado pela Equipe de Auditoria não represente significativa diferença financeira.

Assim, será considerada não conforme a apropriação, em medição, de fator de conversão incompatível com o Fator de Conversão calculado pela Equipe de Auditoria (F_{Conv}), repercutindo em quantitativos de serviços incompatíveis com os critérios de quantificação ou medição.

3.1. MASSAS ESPECÍFICAS REFERENCIAIS E AS RELAÇÕES ENTRE OS VOLUMES “IN NATURA”, COMPACTADO E SOLTO DE SOLOS

Tabela 3: Massas específicas referenciais dos materiais, solos e agregados.

Materiais	Massa específica natural (kg/m³)	Massa específica solta (kg/m³)	Massa específica compactada (kg/m³)
1ª categoria	1.875	1.500	2.063
2ª categoria	2.085	1.500	2.085
3ª categoria	2.630	1.500	2.100
Solos	1.875	1.500	2.063
Brita	2.630	1.500	2.100
Areia	-	1.500	1.725

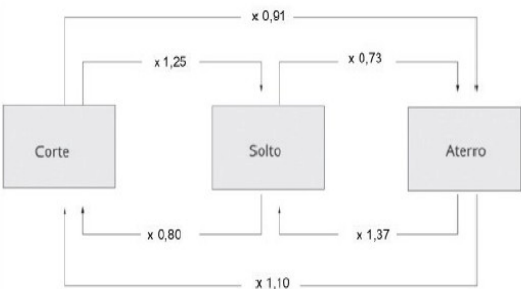
Fonte: Manual do DNIT de custos de infraestrutura de transportes - volume 01 - metodologia e conceitos (2017).

Fonte: TCMPA. Nota Técnica. Estradas Vicinais. NT. TCMPA 001 /2025 *apud* Manual do DNIT de custos de infraestrutura de transportes. vol. 1. Metodologia e Conceitos (2017).

a) Solo na condição natural, solta e compactada



b) Fatores para ajustes dos volumes em função da massa específica para materiais de 1ª categoria



Fonte: Adaptado do livro Como Preparar Orçamento de Obras, do Aldo Dórea Mattos (2019).

Fonte: TCMPA. Nota Técnica. Estradas Vicinais. NT. TCMPA 001/2025 *apud* MATTOS, Aldo Dórea. *Como Preparar Orçamento de Obras*, 2019. Adaptado.

3.2. EXEMPLO 1: DETERMINAÇÃO DO VOLUME ESCAVADO “IN NATURA” A PARTIR DO VOLUME COMPACTADO DE ATERRO

Em algumas situações, o material destinado a aterros pode ter origem em extrações comerciais ou caixas de empréstimos concentrados; nessas situações, a apropriação do volume “*in natura*” do material pode ser inviável ou de difícil obtenção. Nessas situações, o volume pode ser apropriado a partir das seções de aterro, com material compactado e de seções conhecidas geometricamente, obtendo-se, de forma indireta, o volume “*in natura*” escavado, mediante a seguinte equação:

$$\begin{aligned}V_{Esc} &= V_{Comp} \times F_{Conv} \\V_{Esc} &= V_{Comp} \times (M_1/M_2)\end{aligned}$$

Onde:

V_{Esc} é o volume do material escavado “*in natura*”;

V_{Comp} é o volume do material compactado;

F_{Conv} é o Fator de Conversão volumétrico;

M_1 é a massa específica aparente seca do material “compactado”; e

M_2 massa específica aparente seca do material “*in natura*”.

3.3. EXEMPLO 2: DETERMINAÇÃO DO VOLUME SOLTO A PARTIR DO VOLUME ESCAVADO “IN NATURA”

Conforme mencionado anteriormente, algumas composições de serviços de transporte, carga e descarga de materiais podem estar associadas ao volume solto do material transportado; nessas condições, seria inviável à Equipe de Auditoria participar da verificação, em tempo real, do número de caminhões utilizados no transporte do solo. Assim, uma opção viável seria obter o volume do solo escavado em locais de corte, por exemplo, e determinar, de modo indireto, o volume de solo transportado solto, conforme a seguinte equação:

$$\begin{aligned}V_{Solto} &= V_{Esc} \times F_{Conv} \\V_{Solto} &= V_{Esc} \times (M_1/M_2)\end{aligned}$$

Onde:

V_{Solto} é o volume do material solto;

V_{Esc} é o volume do material escavado “*in natura*”;

F_{Conv} é o Fator de Conversão volumétrico;

M_1 é a massa específica aparente seca do material “*in natura*”; e

M_2 massa específica aparente seca do material “*solto*”.

4. DOS POSSÍVEIS ACHADOS DE AUDITORIA

a) Medição contratual com apropriação de fator de conversão incompatível com o Fator de Conversão calculado pela Equipe de Auditoria (F_{Conv}), repercutindo em quantitativos de serviços incompatíveis com os critérios de quantificação ou medição estabelecidos, contrariando os artigos 66 e 76 da Lei n.º 8.666/1993 ou artigo 115 e § 1º do artigo 140 da Lei nº 14.133/2021 c/c artigos 62 e 63 da Lei n.º 4.320/1964.

5. DOCUMENTOS PARA INSTRUÇÃO PROCESSUAL

- a) Cópia das especificações do Projeto de terraplenagem;
- b) Fichas dos ensaios realizados;
- c) Boletins de Medição dos serviços de terraplenagem, respectivas memórias de cálculo e ensaios laboratoriais da fiscalização, supervisora ou empresa executora.

6. NORMAS TÉCNICAS RELACIONADAS

A relação apresentada a seguir não é exaustiva, sendo necessário que a Equipe de Auditoria considere as atualizações, revisões, exclusões e inclusões de novas orientações, normas e aspectos legais:

- Norma DNIT 106/2009 – ES (Terraplenagem – Cortes)
- Norma DNIT 107/2009 – ES (Terraplenagem – Empréstimos)
- Norma DNIT 108/2009 – ES (Terraplenagem – Aterros)
- TCMPA – Nota Técnica - Estradas Vicinais - NT - TCMPA 001 /2025
- PROC–IBR–ROD 217/2024 – Determinação da Massa Específica Aparente Seca Máxima, Massa Específica Aparente Seca “*in situ*” e da Massa Específica Aparente Solta Seca para fins de Auditoria de Terraplenagem.