

# ANÁLISE VOLUMÉTRICA DE MISTURAS ASFÁLTICAS RECICLADAS A FRIO POR MEIO DE COMPACTADOR GIRATÓRIO

Andrea Grilli<sup>1</sup>, Maurizio Bocci<sup>2</sup>, Rosângela Motta<sup>3</sup>, Liedi Bernucci<sup>4</sup>

<sup>1</sup>PhD, Assistant Professor - Università degli Studi della Repubblica di San Marino

<sup>2</sup>PhD, Professor – Università Politecnica delle Marche

<sup>3</sup>Doutora, Professora – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

<sup>4</sup>Doutora, Professora – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo



## Resumo

As características volumétricas das misturas asfálticas, são importantes parâmetros que devem ser considerados tanto na fase de dosagem, quanto na etapa de controle de qualidade da mistura. Atualmente, dentre os métodos de compactação em laboratório, o compactador giratório tem sido usado mundialmente e permite o monitoramento do processo de densificação de misturas asfálticas. Neste caso, é possível observar as características volumétricas durante a compactação e, ao mesmo tempo, os parâmetros do equipamento que controlam o estado de tensões induzidas na amostra, obtendo-se uma avaliação detalhada e confiável da trabalhabilidade do material. Por outro lado, ainda que não haja um procedimento de compactação universalmente aceito no caso das misturas asfálticas a frio, o compactador giratório tem sido empregado por algumas universidades e entidades rodoviárias para materiais tratados com cimento e emulsão asfáltica. Entretanto, como as misturas asfálticas a frio podem ter a presença de agregados reciclados, cimento, emulsão betuminosa e água, é necessária uma adaptação dos parâmetros volumétricos tradicionais de misturas a quente. Este trabalho descreve as características volumétricas de misturas asfálticas recicladas a frio, com base nos princípios tradicionais utilizados para as misturas asfálticas a quente. O objetivo é ressaltar a influência do teor da parte aquosa na compactabilidade de misturas asfálticas recicladas a frio, utilizando uma abordagem volumétrica. São apresentados resultados obtidos com uma mistura asfáltica reciclada, com a adição de diferentes teores de umidade (4 a 8%), onde é demonstrada a eficiência da compactação realizada no teor ótimo de umidade sob a ótica da volumetria.

## Análise dos resultados

As Figuras 8(a) e 8(b) mostram a evolução de VA e  $V_m$  em função do número de giros, obtida para todas as misturas testadas. Dois tipos de curva de compactação foram observadas: em níveis mais baixos de água, pode ser assumida uma relação linear entre VA ou  $V_m \times \log(n)$  para representar o processo de compactação, enquanto em níveis mais elevados de água, a relação entre VA ou  $V_m \times \log(n)$  começa a ser bi-linear.

Neste caso, provavelmente as misturas se aproximaram da saturação, onde parte da energia de compactação é gasta para reduzir VA ou  $V_m$ , e outra parte para aumentar a poro-pressão, reduzindo a efetividade da compactação. Quando a energia absorvida pela pressão da água começa a ser dominante, a compactação perde seu efeito no intertravamento do esqueleto sólido, diminuindo a trabalhabilidade da mistura.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Tecnotest S.p.A. (Itália) que deu suporte ao desenvolvimento de projeto de pesquisa para adaptar e aprimorar o compactador giratório para uso específico.

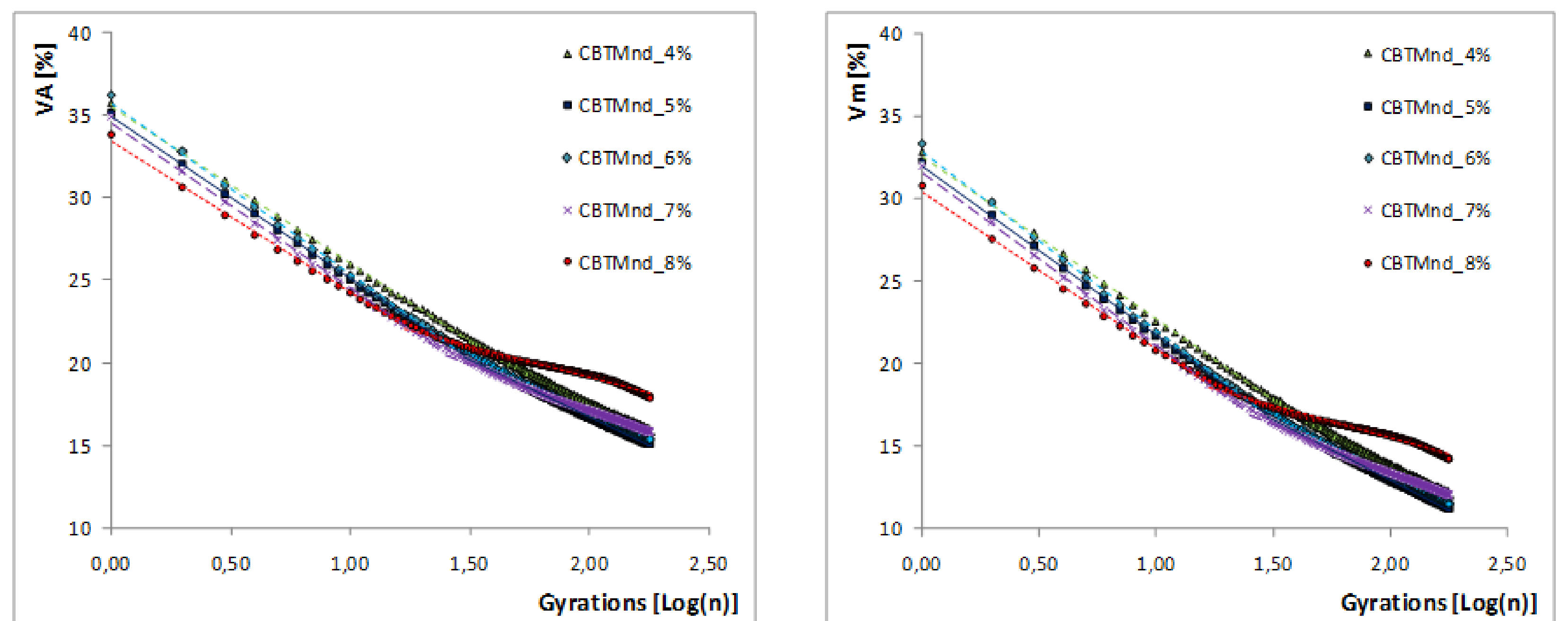


Figura 8. Evolução da compactação em termos de VA (a) e  $V_m$  (b)

A Figura 9 ilustra os resultados de VFL nos diferentes níveis de energia de compactação para o material nas diferentes dosagens de água testadas. Evidentemente, a elevação da energia de densificação (número de giros) ou do teor de umidade leva a um incremento dos valores de VFL, aumentando o nível de saturação. Em particular, em elevados teores de umidade ou energias de compactação, os valores de VFL calculados poderiam exceder 100%, o que não teria sentido físico real, mas significaria que o estado de saturação foi alcançado e que a água em excesso começa a escorrer do molde. Com base na avaliação anterior e em especificações técnicas, pode-se notar que no teor de umidade ótimo encontrado (5,5%), sob uma energia de compactação que simularia o procedimento em campo (180 giros), o material está apenas se aproximando do estado de saturação. A Figura 9 ilustra o VFL  $\times \log(n)$ , onde se pode observar que em elevado nível de umidade (acima de 6%), a saturação é alcançada muito antes do final do processo de compactação, correspondendo a um baixo nível de densificação final.

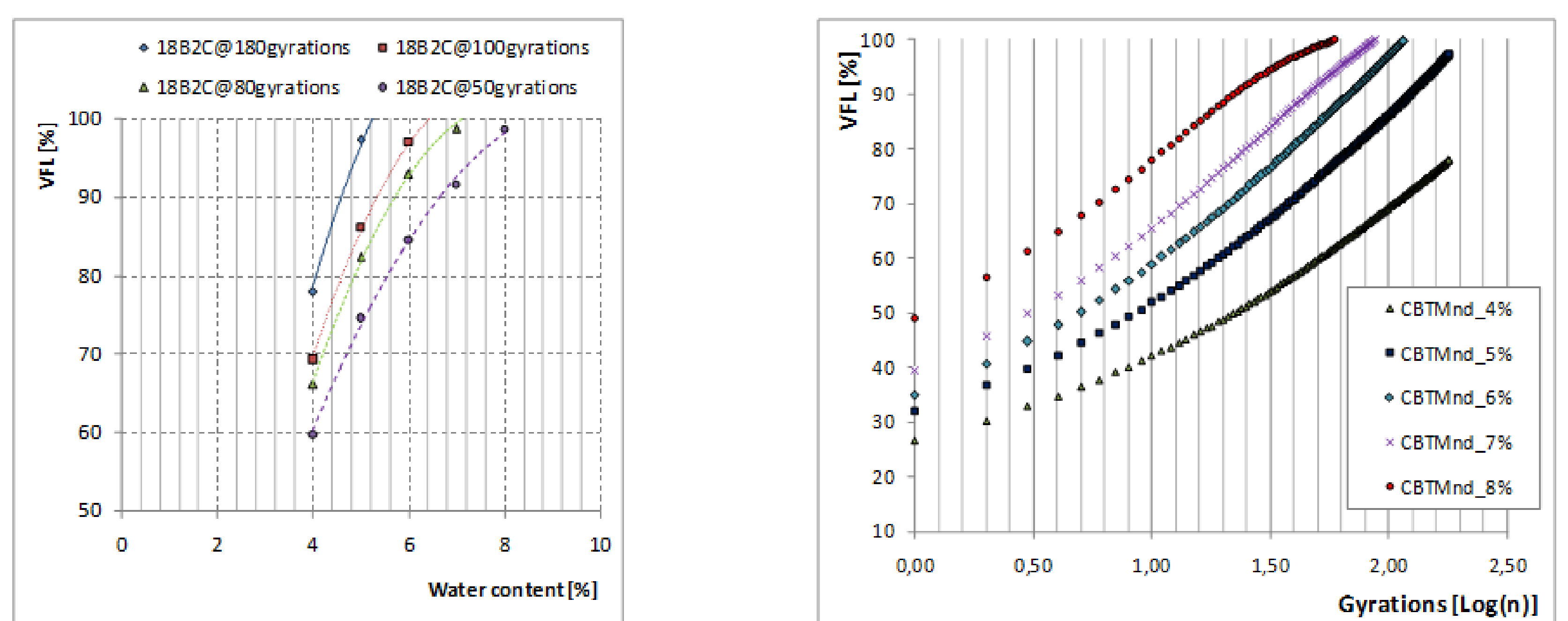


Figura 9. Evolução do VFL durante o processo de compactação

## Conclusões

O método de compactação giratório permite não somente a avaliação do nível de densificação final alcançado por diferentes misturas, mas também o monitoramento da evolução de todos os parâmetros de compactação durante o processo. A influência da água na compactabilidade das misturas recicladas a frio pôde ser descrita por uma curva na forma de sino obtida em cada energia de compactação selecionada. Para altos teores de umidade, a evolução de VA ou  $V_m$  pode ser descrita por uma regressão bi-linear, representando duas fases de compactação. Na primeira fase, a água age como lubrificante e permite uma compactação efetiva, enquanto na segunda fase, quando a energia absorvida pela pressão da água se torna dominante, há uma diminuição da trabalhabilidade da mistura e a compactação perde seu efeito no intertravamento do esqueleto sólido. Quando o estado de saturação é alcançado, ainda que a água esorra do molde, o processo de compactação impede que se alcance uma boa densificação.