



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(11) BR 112020002868-1 B1

(22) Data do Depósito: 09/08/2018

(45) Data de Concessão: 14/02/2023

(54) Título: MÉTODO PARA DETERMINAR O TEOR DE ÁGUA CINZA REMANESCENTE EM UM TAMBOR MISTURADOR E MÉTODO E SISTEMA PARA DETERMINAR O VOLUME DE ÁGUA CINZA REMANESCENTE EM UM VASO

(51) Int.Cl.: B01F 15/04; B28C 5/42; B28C 5/12; B28C 7/02; B28C 7/12; (...).

(30) Prioridade Unionista: 11/08/2017 US 62/544,028.

(73) Titular(es): GCP APPLIED TECHNOLOGIES INC..

(72) Inventor(es): MARK ROBERTS; NATHAN TREGGER; STEPHEN KLAUS.

(86) Pedido PCT: PCT US2018045996 de 09/08/2018

(87) Publicação PCT: WO 2019/032820 de 14/02/2019

(85) Data do Início da Fase Nacional: 11/02/2020

(57) Resumo: Trata-se de um método e sistema para medir e monitorar o teor de água cinza em um caminhão betoneira com tambor misturador de concreto rotativo usando um sensor conectado ao interior do tambor misturador de concreto. Ao medir o teor de água cinza antes de um processo de dosagem de concreto (batching) acontecer, a água dosada (e o teor de cimento e o tipo e teor de mistura) pode ser modificada de modo a manter o desempenho esperado da carga dosada tanto em termos de resistência quanto de reologia, ou, posto de maneira mais simples, toda a água cinza, ou parte dela, pode ser descarregada do tambor misturador de concreto antes da dosagem.

“MÉTODO PARA DETERMINAR O TEOR DE ÁGUA CINZA REMANESCENTE EM UM TAMBOR MISTURADOR e MÉTODO e SISTEMA PARA DETERMINAR O VOLUME DE ÁGUA CINZA REMANESCENTE EM UM VASO”

Campo da Invenção

[001] As modalidades aqui reveladas estão relacionadas à medição de água cinza em um tambor misturador rotativo, e, mais especificamente, a um método e sistema para automaticamente contabilizar a água cinza remanescente em um caminhão betoneira com tambor misturador de concreto e ajustar os processos de dosagem de concreto (*batching*) para fornecer um teor de água apropriado para cargas de concreto subsequentemente dosadas.

Antecedentes da Invenção

[002] O teor de água, e, mais especificamente, a relação água/cimento (w/cm) é um fator crucial para o desenvolvimento da resistência do concreto e de outros materiais cimentícios (vide, por exemplo, “Generalization of the Abrahms’ Law – Prediction of strength development of concrete from cement properties,” Popovics, S., in *ACI Materials Journal*, v. 78, págs. 123 a 129, 1981). Em geral, a resistência diminui de acordo com a raiz cúbica da relação água/cimento. Fontes de água incluem a água intencionalmente dosada durante o processo de dosagem junto com os agregados graúdos, agregados finos, cimento e outro material cimentício (por exemplo, cinza volante, escória) e misturas químicas. A água também é considerada nos poros e na superfície dos agregados, e pode ser uma contribuição significativa para o teor de água total. Adicionalmente, a água pode ser adicionada pelo motorista do caminhão betoneira na “plataforma de abatimento”, que é a região em uma planta de produção de concreto em que o caminhão betoneira é lavado e o abatimento pode ser ajustado pelo motorista do caminhão betoneira com água. Similarmente, no canteiro de obras, a empreiteira pode instruir o motorista a acrescentar água adicional. Atualmente, existem sistemas automatizados de monitoramento e gestão

de abatimento que não apenas ajustam o abatimento com água ou mistura, mas também registram toda a água adicionada durante o ciclo de fabricação e distribuição (vide, por exemplo, a Patente US Nº 8,118,473). Esses sistemas almejam minimizar o fator humano no processo de fabricação e também documentar apropriadamente todas as fontes de água. Entretanto, outra fonte de água que ainda não é quantificável de maneira prática é a dos motoristas de caminhão betoneira que deixam água cinza, ou água remanescente após o enxágue da carga anterior de concreto do tambor misturador de concreto (a água permanece cinza pois ainda contém pasta de cimento), restando no tambor de modo a contornar os sistemas automatizados de monitoramento e gestão de abatimento. Esta água extra fornece um abatimento superior (e colocação mais fácil, conforme preferido pela empreiteira), mas resistência inferior caso o teor de água não seja contabilizado corretamente.

[003] Os medidores de água ou umidade são dispositivos de medição capazes de determinar tanto a presença de água quanto o teor de água real de um dado material. Com respeito ao primeiro tipo, há medidores, por exemplo, que podem enviar alarmes aos proprietários de residências caso um vazamento de água seja detectado perto de um eletrodoméstico, como por exemplo, um aquecedor de água (vide, por exemplo, a Patente US Nº 8,922,379). Para o segundo tipo, por exemplo, existem medidores de umidade de agregado que são capazes de medir o teor de umidade de uma amostra de agregado. Ambos os tipos de medidores de água podem empregar vários tipos de tecnologias diferentes, tal como (mas sem a isto se limitar), medição da resistência elétrica (vide, por exemplo, a Patente US Nº 4,680,665), medição de microondas (vide, por exemplo, a Patente US Nº 4,104,584), medição da ressonância nuclear (vide, por exemplo, a Patente US Nº 2,999,381) e medição de ondas infravermelhas (vide, por exemplo, a Patente US Nº 8,727,608).

[004] Nas Patentes US Nº 8,858,061 e 9,625,891 de Berman (Sensocrete

Inc./GCP Applied Technologies), é ensinado que um sensor que se estende para o interior de um tambor misturador de concreto pode ser equipado com um medidor de umidade (vide a Col. 3, Linha 35). Este medidor é usado para determinar o teor de umidade do concreto contido dentro do tambor, mas não há menção quanto à determinação da água remanescente no tambor antes da dosagem. Como um medidor de teor de umidade, ele mede o teor de água do concreto com base em uma curva de calibração. Isto pode então ser relacionado à relação água-cimento. Se usado sem modificação, o medidor de umidade não determinaria a quantidade de água restante no tambor, e simplesmente mediria a umidade da água, que estaria próxima a 100%. Ambas as Patentes US Nº 8,858,061 e 9,625,891 também não mencionam a influência do ângulo do caminhão e da taxa de coleta de dados, ambas as quais são necessárias para se alcançar uma medição de água cinza precisa e significativa.

[005] É, portanto, um objetivo das modalidades reveladas aqui prover um método e sistema para medir a quantidade de água cinza em um tambor misturador e ajustar os processos de dosagem subsequentes para fornecer um teor de água apropriado para a carga de concreto dosada.

[006] Outro objetivo é fornecer um método para medir se há água cinza presente em um tambor misturador, e, caso esteja, alertar um operador de modo que a água cinza possa ser removida antes de a próxima batelada ser carregada no tambor.

Sumário

[007] Para superar as desvantagens das abordagens da técnica anterior, as modalidades aqui reveladas oferecem um novo método para medir e/ou monitorar o teor de água cinza em um caminhão betoneira. Ao medir o teor de água cinza remanescente em um tambor misturador deixada por uma ou mais bateladas anteriores, antes de o próximo processo de dosagem de concreto ocorrer, a água

dosada para esse próximo processo de dosagem (e/ou teor de cimento e/ou tipo e teor de mistura) pode ser modificada de modo a manter o desempenho esperado da carga dosada tanto em termos de resistência quanto de reologia, ou, posto de forma mais simples, a água cinza determinada como estando presente no tambor misturador pode ser descarregada do tambor misturador de concreto antes de ocorrer o próximo processo de dosagem. Em outras palavras, o teor de um ou mais dos vários componentes da próxima batelada de concreto pode ser modificado com base na quantidade determinada de água cinza presente no tambor misturador, tal como pela adição de menos água, ou pela adição de mais cimento.

[008] Atualmente, o teor de água para uma dada carga de concreto pode ser registrado para a empreiteira e inclui água adicionada durante o processo de dosagem (inclusive água contida dentro dos agregados), e, ocasionalmente, água adicionada durante a distribuição ou no local de descarga. Tipicamente, a água adicionada na plataforma de abatimento não é documentada. Embora a Patente US Nº 9,466,203 demonstre um processo para determinar quando se adiciona água não-documentada, a água deixada no tambor após a descarga da carga de concreto atualmente permanece não contabilizada.

[009] É ensinado nas Patentes US Nº 8,858,061 e 9,625,891 de Berman (Sensocrete Inc./GCP Applied Technologies), que uma sonda conectada ao interior de um tambor misturador de concreto pode incluir um medidor de umidade (vide a Col. 3, Linha 35), adicionalmente, utilizando resistividade elétrica como um meio para medir o teor de umidade do concreto. Assim, é ensinado que os medidores de umidade são usados quando o tambor misturador de concreto contém concreto; não há menção quanto à situação em que há água remanescente em um tambor antes de um processo de dosagem.

[010] Também é ensinado, na Patente US Nº 8,858,061 de Berman (Sensocrete Inc./GCP Applied Technologies), que uma sonda conectada ao interior

de um tambor misturador de concreto pode estimar o volume de concreto ao medir o tempo em que a sonda é submersa no concreto com base nas alterações na força sobre a sonda à medida que a sonda se torna submersa ou não mais submersa dentro do concreto. A Patente US Nº 9,199,391 de Beaupre também ensina um método usar uma sonda de força para determinar o volume de concreto (vide a Col. 5, Linha 53) com base nas posições do tambor durante a entrada da sonda no concreto e a saída da sonda do concreto. Entretanto, é improvável que o mesmo dispositivo seja sensível o suficiente para determinar a presença de água (especialmente em pequenas quantidades, por exemplo, 18 litros), uma vez que a viscosidade da água é várias ordens de magnitude menor do que a do concreto e não transmite uma alteração substancial na força ou em qualquer uma das sondas de força. Por exemplo, a viscosidade do concreto tipicamente varia entre 10 e 100 Pa·s, ao passo que a viscosidade da água está em torno de 0,001 Pa·s, que é de 4 a 5 ordens de magnitude menor.

[011] De acordo com certas modalidades, são proporcionados um método e sistema para automaticamente detectar e medir a quantidade de água cinza em um caminhão betoneira usando um ou mais sensores, tal como um medidor de água localizado dentro do tambor misturador de concreto. Em algumas modalidades, utilizam-se um ou mais sensores conectados ao interior do tambor misturador de concreto. O sensor ou sensores, tal como um medidor de água, pode(m) empregar uma ou mais tecnologias diferentes, tal como (mas não restringindo-se a) medir a resistência elétrica (vide a Patente US Nº 4,780,665), medir a capacitância (vide a Patente US Nº 4,438,480), medir microondas (vide a Patente US Nº 4,104,584), medir a ressonância nuclear (vide a Patente US Nº 2,999,381), medir ondas infravermelhas (vide a Patente US Nº 8,727,608), medir ondas acústicas (vide a Patente US Nº 7,033,321), medir a dispersão de luz (vide a Patente US Nº 4,263,511), ou medir a dispersão de luz especificamente para medições de turbidez

(vide a Patente US Nº 2,324,304). Em certas modalidades, à medida que o tambor de concreto gira, o sensor ou sensores, que podem ser fixos no interior do tambor, irão girar para dentro e para fora da água cinza (chamados de eventos de entrada e saída, respectivamente). Ao monitorar a fração de tempo ou a fração de uma rotação do vaso no qual o(s) sensor(es) está(ão) em contato com a água cinza (chamada de fração de submersão), ou a fração de tempo ou a fração de uma rotação do vaso no qual o(s) sensor(es) não está(ão) em contato com a água cinza (chamada de fração inversa), ou ambas, é possível determinar o volume da água cinza no vaso (por exemplo, volume do tambor). Por exemplo, em algumas modalidades, uma curva de calibração relacionada à fração de submersão (ou fração inversa) para o volume de água cinza pode ser usada. Esta curva de calibração pode ser derivada da geometria do tambor, ou criada com base em testes empíricos. Em certas modalidades, de modo a atingir precisão suficiente, tanto a taxa de amostragem de dados quanto o ângulo do caminhão podem ser levados em conta. Usando esta informação, o teor de água projetado da próxima batelada a ser carregada no tambor misturador pode ser ajustado em termos de teor de água, teor de cimento e/ou teor de mistura de modo a manter a reologia e o desenvolvimento de resistência desejados. Como alternativa, em resposta à detecção da presença de água cinza, a água cinza pode ser descarregada do tambor misturador de concreto de modo que ela não influencie as características da próxima batelada a ser carregada no tambor misturador, ou menos do que toda a água cinza pode ser descarregada e o restante pode ser usado na próxima batelada carregada no tambor misturador.

[012] Em certas modalidades, é provido um método e sistema para determinar o teor de água de um vaso, tal como um tambor misturador, que possibilitam a dosagem precisa de material de uma carga de material, tal como concreto, ou que possibilitam que um operador seja alertado quanto à presença de

água, solicitando-o a descarregar parte ou toda a água do vaso antes de carregar a próxima batelada. Em algumas modalidades, o método inclui prover um tambor misturador de concreto possuindo um interior e um eixo de rotação; prover um ou mais sensores montados em uma localização no volume interior do tambor misturador, tal como em uma parede interna do tambor ou em uma escotilha no tambor, de modo que, durante uma rotação do tambor misturador, o sensor ou sensores separadamente atinjam um estado submerso na água no interior do tambor e um estado não-submerso e gerem sinais indicativos de cada estado; girar o tambor misturador de concreto de modo que o sensor ou sensores atinjam separadamente tanto um estado submerso em qualquer água no dito interior quanto um estado não-submerso; determinar o ângulo entre o eixo de rotação do tambor misturador de concreto e a horizontal; determinar a fração da rotação em que o sensor ou sensores alcançam o estado submerso (ou o estado não-submerso) e detectam a presença de água (ou a ausência de água) no tambor misturador; fornecer dados correlacionando as frações das rotações completas de um vaso de configuração similar ou idêntica ao tambor misturador no qual um sensor ou sensores detectaram a presença de água com o volume de água no vaso; determinar o teor de água no tambor misturador por meio da comparação da fração de uma rotação completa em que o sensor detecta a presença de água determinada com os dados e o ângulo entre o eixo de rotação do tambor misturador de concreto e a horizontal; e criar um alerta de que o teor de água cinza medido é maior do que um limite predefinido, ajustar o próximo processo de dosagem para levar em conta a quantidade determinada do teor de água, ou descarregar a água do tambor antes do próximo processo de dosagem, de modo que a água no tambor de mistura não interfira na próxima batelada.

[013] Em algumas modalidades, é provido um método para determinar o teor de água cinza remanescente em um tambor misturador a partir de uma carga de

concreto anterior que foi descarregada a partir do tambor misturador para propiciar a dosagem precisa de uma nova carga de concreto no tambor misturador. O método compreende:

(A) prover um tambor misturador de concreto possuindo um volume interior e um eixo de rotação;

(B) prover pelo menos um sensor montado em uma localização no dito volume interior do dito tambor misturador de modo que, durante uma rotação do dito tambor misturador, o sensor separadamente atinja tanto um estado submerso em qualquer água no dito interior quanto um estado não-submerso, e gerar um sinal indicativo de cada dito estado;

(C) girar o tambor misturador de concreto de modo que o sensor atinja separadamente tanto um estado submerso em qualquer água no dito interior quanto um estado não-submerso;

(D) determinar o ângulo entre o eixo de rotação do tambor misturador de concreto e a horizontal;

(E) determinar a fração de submersão ou fração inversa que o sensor alcança com base na rotação da Etapa (C);

(F) fornecer dados correlacionando a fração de submersão ou fração inversa com o volume de água correspondente em um vaso que é substancialmente geometricamente similar ao dito tambor misturador;

(G) determinar o teor de água cinza no dito tambor misturador comparando a fração de submersão determinada na Etapa (E) com os ditos dados da Etapa (F) e o ângulo entre o eixo de rotação do tambor misturador de concreto e a horizontal determinado na Etapa (D); e um de

(H) criar um alerta se o teor de água cinza detectado for maior do que um limite predefinido, modificar a porcentagem de água na dita nova carga de concreto, com base no teor de água cinza determinado na etapa (G), descarregar pelo menos

uma parte da água cinza a partir do dito tambor misturador com base no teor de água cinza determinado na etapa (G), ou uma combinação dos mesmos.

[014] Em certas modalidades, no método precedente, bem como nos outros métodos aqui revelados, a água cinza tem uma densidade relativa preferencialmente menor do que 1,61, mais preferencialmente menor do que 1,36, e mais preferível, menor do que 1,2. Isto corresponde aproximadamente às relações água/cimento de 2,5, 5 e 10, respectivamente. Assim, pode-se afirmar que a água cinza possui uma relação água/cimento preferencialmente maior do que 2,5, mais preferencialmente maior do que 5, e mais preferível, maior do que 10. A água cinza atendendo a qualquer um desses critérios terá uma viscosidade no intervalo de 0,001 a 1,00 Pa-s; e mais preferencialmente, de 0,001 a 0,100 Pa-s. Em algumas modalidades, no método precedente, bem como nos outros métodos aqui revelados, o sensor ou sensores são escolhidos dentre sensor de dispersão de luz, sensor acústico, sensor de infravermelho, sensor de microondas, ou misturas dos mesmos. Por exemplo, quando se utilizam mais de um sensor, os sensores podem ser qualquer combinação de um sensor de resistividade elétrica, um sensor de capacitância elétrica, um sensor acústico, um sensor de microondas, um sensor de ressonância nuclear, ou um sensor de luz. Em certas modalidades, no método precedente, bem como nos outros métodos aqui revelados, um acelerômetro de três eixos no tambor é proporcionado para levar em consideração o ângulo de inclinação do tambor no cálculo da água cinza no tambor.

[015] Em certas modalidades, a fração de submersão (ou fração de submersão inversa) pode ser determinada usando um dispositivo de determinação de posição, tal como um acelerômetro, e calculando-se a fração de uma rotação de tambor em que o sensor é submerso (ou não-submerso). Em certas modalidades, a fração de submersão (ou fração inversa) pode ser determinada usando um dispositivo de determinação de tempo, tal como um relógio, determinando-se a

quantidade de tempo em que o sensor é submerso (ou não é submerso) em relação à quantidade de tempo para uma rotação completa do tambor. Por exemplo, uma primeira marca de tempo pode ser registrada quando o sensor entra na água cinza, e uma segunda marca de tempo pode ser registrada quando o sensor sai da água cinza. Ao relacionar a diferença entre essas duas marcas de tempo com o tempo de uma rotação total do tambor, é possível calcular a fração de submersão. Um relógio ou outro mecanismo de temporização pode ser usado para determinar esses vários tempos, tal como um relógio em comunicação com o sensor e/ou um processador.

[016] Em certas modalidades, é revelado um sistema para determinar o volume de água cinza remanescente em um vaso possuindo um volume interior e um eixo de rotação após uma primeira carga de cimento ter sido descarregada desse vaso, em que o sistema compreende:

[017] um motor para girar o vaso pelo menos uma rotação completa de modo que o ângulo do eixo de rotação do vaso em relação à horizontal possa ser determinado;

[018] pelo menos um sensor no volume interior do vaso posicionado de modo a ser submerso em água cinza no vaso durante uma primeira parte de uma rotação completa e não submerso na água cinza no vaso durante uma segunda parte de uma rotação completa, o pelo menos um sensor gerando um primeiro sinal quando está submerso e um segundo sinal quando não está submerso;

[019] um dispositivo de determinação de posicionamento, tal como um acelerômetro, para determinar uma fração de submersão (ou fração inversa) que é a parte de uma rotação completa na qual o sensor é submerso (ou a parte de uma rotação completa na qual o sensor não é submerso); ou um dispositivo de determinação de tempo, tal como um relógio, para determinar a fração de submersão ou a fração inversa;

[020] um processador em comunicação com o pelo menos um sensor para

receber o primeiro e segundo sinais e em comunicação com o dispositivo de determinação de posicionamento ou com o dispositivo de determinação de tempo e configurado para calcular uma razão da primeira parte ou da segunda parte com a uma rotação completa e determinar um volume de água cinza no vaso com base nessa razão.

[021] O sistema também pode incluir uma memória em comunicação com o processador, em que a memória contém uma curva de calibração correlacionando razões de uma fração de submersão com respectivos volumes de água, por exemplo, em um vaso que é substancialmente geometricamente similar ao vaso no qual a água cinza está sendo determinada, em que o processador usa a curva de calibração em sua determinação do volume de água cinza no vaso com base nas razões. A memória pode adicionalmente ou alternativamente conter uma representação geométrica do vaso, em que o processador determina o volume de água cinza usando essa representação geométrica. Em algumas modalidades, o vaso é um tambor misturador de concreto.

[022] Em certas modalidades, é revelado um sistema para determinar o teor de água cinza remanescente em um vaso possuindo um volume interior e um eixo de rotação após uma primeira carga de cimento ter sido descarregada desse vaso, o sistema compreendendo:

[023] um tambor misturador de concreto rotativo possuindo um volume interior;

[024] pelo menos um sensor no volume interior do tambor misturador de concreto rotativo e posicionado de forma que, durante uma rotação do tambor misturador de concreto rotativo, o pelo menos um sensor atinja separadamente tanto um estado submerso na água no volume interior quanto um estado não-submerso e gere um sinal indicativo de cada tal estado;

[025] um dispositivo de determinação de posição, tal como um acelerômetro,

para determinar uma fração de submersão (ou fração inversa) que é a parte de uma rotação completa na qual o sensor é submerso (ou a parte de uma rotação completa na qual o sensor não é submerso); ou um dispositivo de determinação de tempo, tal como um relógio, para determinar a fração de submersão ou a fração inversa; e

[026] um processador possuindo uma memória contendo instruções que, quando executadas pelo processador, permitem ao sistema: determinar a fração de submersão de uma rotação do tambor misturador de concreto rotativo durante a qual o sensor está no estado submerso ou determinar a fração de submersão inversa de uma rotação do tambor misturador de concreto rotativo durante a qual o sensor está no estado não-submerso; correlacionar a fração de submersão ou fração de submersão inversa com um volume de água correspondente em um vaso que é substancialmente geometricamente similar ao tambor misturador de concreto; e determinar o volume de água cinza no tambor misturador de concreto com base nessa correlação. Em algumas modalidades, a memória também pode conter instruções que, quando executadas pelo processador, usam o ângulo entre o eixo de rotação do tambor misturador de concreto rotativo e a horizontal em sua determinação do volume de água cinza no tambor misturador de concreto com base na correlação.

[027] Vantagens e aspectos adicionais das modalidades aqui reveladas são descritos em detalhes mais adiante.

Breve Descrição dos Desenhos

[028] Uma apreciação dos benefícios e aspectos das modalidades aqui reveladas pode ser mais prontamente compreendida quando a descrição por escrito a seguir das modalidades preferidas for considerada em conjunto com os desenhos, nos quais

[029] A Fig. 1 é um gráfico ilustrando um exemplo de geometria do tambor de concreto incluindo uma escotilha e um motor.

[030] A Fig. 2 é um gráfico da medição de abatimento inicial vs. o número de cargas para a mesma concepção de mistura de acordo com a técnica anterior;

[031] A Fig. 3 é um gráfico das diferenças de pressão hidráulica resultantes com volume de água no tambor variável de acordo com a técnica anterior;

[032] A Fig. 4 é um diagrama de blocos de um processo de acordo com certas modalidades;

[033] As Figs. 5a e 5b são gráficos mostrando como os ângulos de tambor podem afetar a distribuição de água dentro de um tambor misturador de concreto;

[034] A Fig. 6 é um gráfico ilustrando a localização de um sensor de acordo com certas modalidades.

[035] A Fig. 7 é um gráfico ilustrando a vista plana de múltiplos sensores conectados a uma escotilha de tambor de acordo com certas modalidades.

[036] A Fig. 8 é um gráfico do tempo vs. aceleração, mostrando a saída de um acelerômetro montado em um tambor rotativo de acordo com certas modalidades;

[037] A Fig. 9 é um gráfico do tempo vs. um sinal analógico de sensor, mostrando a saída de um sensor à medida que ele se torna submerso e não-submerso em água cinza em um tambor rotativo junto com a saída de um acelerômetro de acordo com certas modalidades;

[038] A Fig. 10 é um diagrama de blocos de certos componentes de um sistema de acordo com certas modalidades;

[039] As Figs. 11a e 11b são gráficos ilustrando um processo ilustrativo de certas modalidades em que uma sonda está em contato com água em um tambor misturador de concreto;

[040] A Fig. 12a é um gráfico da fração de submersão de uma rotação completa vs. volume de fluido, mostrando uma relação entre o volume de água detectado em um tambor misturador de concreto, e a fração da rotação do vaso na

qual a sonda está em contato com a água, baseado na geometria do tambor, de acordo com certas modalidades;

[041] A Fig. 12b é um gráfico da fração de submersão vs. volume de fluido, mostrando uma relação entre o volume de água detectado em um tambor misturador de concreto, o ângulo do caminhão e a fração da rotação do vaso na qual a sonda está em contato com a água, baseado na geometria do tambor, de acordo com certas modalidades;

[042] A Fig. 13 é um gráfico da fração de submersão de uma rotação completa vs. volume de fluido, mostrando uma relação entre o volume de água detectado em um tambor misturador de concreto, e a fração da rotação do vaso na qual a sonda está em contato com a água, baseado na geometria do tambor para um único ângulo de tambor, de acordo com certas modalidades;

[043] A Fig. 14a é um gráfico do volume de fluido vs. taxa de coleta de dados, mostrando uma relação entre a taxa de coleta de dados baseada no volume de fluido para dois ângulos de tambor com uma precisão de 2 galões (7,57 litros) a uma velocidade do tambor de 2 rpm de acordo com certas modalidades;

[044] A Fig. 14b é um gráfico do volume de fluido vs. taxa de coleta de dados, mostrando uma relação entre a taxa de coleta de dados baseada no volume de fluido para dois ângulos de tambor com uma precisão de 2 galões (7,57 litros) a uma velocidade do tambor de 6 rpm de acordo com certas modalidades;

[045] A Fig. 14c é um gráfico do volume de fluido vs. taxa de coleta de dados, mostrando uma relação entre a taxa de coleta de dados baseada no volume de fluido para dois ângulos de tambor com uma precisão de 2 galões (7,57 litros) a uma velocidade do tambor de 20 rpm de acordo com certas modalidades;

[046] A Fig. 15 é um gráfico do ângulo do caminhão vs. volume mínimo detectado de acordo com certas modalidades;

[047] A Fig. 16 é um gráfico do volume de água real vs. volume de água

previsto, em que o teor de água é determinado usando qual sonda estiver em contato com a água, baseado na geometria do tambor, de acordo com certas modalidades; e

[048] A Fig. 17 é um gráfico do volume de água real vs. o volume de água previsto, em que uma relação empírica entre o teor de água e as leituras do medidor de água é usada para determinar o teor de água restante em um tambor misturador de concreto de acordo com certas modalidades.

Descrição Detalhada das Modalidades Exemplificativas

[049] O termo “concreto” refere-se a cimento (que geralmente contém material pozzolânico, tal como calcário, cinza volante, escória de alto-forno granulada) e agregados (por exemplo, areia, cascalho) e, opcionalmente, uma ou mais misturas químicas (por exemplo, plastificantes para aumentar a facilidade de trabalho, acelerador de endurecimento, retardador de endurecimento, aprisionador de ar, libertador de ar, misturas redutores de encolhimento plástico, inibidores de corrosão (para barra de reforço) ou outras misturas para modificar uma propriedade do concreto, quer em seu estado plástico ou endurecido).

[050] O termo “cimento”, tal como usado aqui, inclui cimento hidratável, tal como cimento Portland, que é produzido pela pulverização de clínquer consistindo de silicatos de cálcio hidráulico, aluminatos e aluminoferritas, e uma ou mais formas de sulfato de cálcio (por exemplo, gesso) como um aditivo entremoído. Tipicamente, o cimento Portland é combinado com um ou mais materiais cimentícios suplementares, tal como cinza volante, escória de alto-forno granulada, calcário, pozolana natural, ou misturas dos mesmos, e fornecido como uma mistura. Assim, “cimento” e “aglutinante de cimento” também pode incluir materiais cimentícios suplementares que foram intermoídos com cimento Portland durante a fabricação. O termo “cimentício” pode ser usado aqui para se referir a materiais que compreendem cimento Portland ou que de alguma outra forma funcionam como um aglutinante

para manter juntos agregados finos (por exemplo, areia) e agregados graúdos (por exemplo, cascalho triturado, pedra) que são usados para constituir o concreto.

[051] O termo “hidratável”, tal como usado aqui, pretende designar cimento ou materiais cimentícios que são endurecidos por interação química com a água. O clínquer de cimento Portland é uma massa parcialmente fundida composta primariamente de silicatos de cálcio hidratáveis. Os silicatos de cálcio são essencialmente uma mistura de silicato de tricálcio ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ou “C₃S” na notação dos químicos especialistas em cimento) e silicato de dicálcio ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, “C₂S”), em que o primeiro é a forma dominante, com menores quantidades de aluminato de tricálcio ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, “C₃A”) e tetracálcio aluminoferrita ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, “C₄AF”). Vide, por exemplo, Dodson, Vance H., *Concrete Admixtures* (Van Nostrand Reinhold, New York, NY 1990), página 1.

[052] Como usado aqui, o termo “agregado”, como usado aqui, deverá significar e se referir a partículas de areia ou pedra usadas para materiais de construção, tal como concreto, argamassa e asfalto, e isto tipicamente envolve partículas granulares de tamanho médio entre 0 e 50 mm. Os agregados podem compreender minerais calcíferos, siliciosos ou de calcário silicioso. Tais agregados podem ser areia natural (por exemplo, derivada de depósitos glaciais, aluviais ou marinhos que são tipicamente modificados pelo tempo, de modo que as partículas possuem superfícies lisas) ou podem ser do tipo “fabricado”, que são produzidos usando trituradores mecânicos ou dispositivos de moagem.

[053] Os termos “medidor de água” e “medidor de umidade” irão se referir a dispositivos de medição capazes de determinar a presença de água, ou, adicionalmente, o teor de água real de um dado material. Com respeito ao primeiro tipo, há medidores, por exemplo, que podem enviar alarmes aos proprietários de residências caso um vazamento de água seja detectado perto de um eletrodoméstico, como por exemplo, um aquecedor de água (vide, por exemplo, a

Patente US Nº 8,922,379). Para o segundo tipo, por exemplo, existem medidores de umidade de agregado que são capazes de medir o teor de umidade de uma amostra de agregado. Qualquer um dos tipos de medidores de água pode empregar vários tipos de tecnologias diferentes, tal como (mas não restringindo-se a) medição da resistência elétrica (vide a Patente US Nº 4,780,665), medição da permissividade elétrica (vide a Patente US Nº 4,438,480), medição de microondas (vide a Patente US Nº 4,104,584), medição da ressonância nuclear (vide a Patente US Nº 2,999,381), medição de ondas infravermelhas (vide a Patente US Nº 8,727,608), medição de ondas acústicas (vide a Patente US Nº 7,033,321), medição da dispersão de luz (vide a Patente US Nº 4,263,511), ou medição da dispersão de luz especificamente para turbidez (vide a Patente US Nº 2,324,304). A revelação de cada um dos pedidos anteriores é incorporada aqui a título de referência. Qualquer um dos tipos pode, no mínimo, detectar quando o sensor está em contato direto com água ou água cinza.

[054] Os sistemas automatizados de gestão (monitoramento) de abatimento de concreto para gerenciar o abatimento ou outras propriedades reológicas encontram-se comercialmente disponíveis, por exemplo, por intermédio da Verifi LLC, 62 Whittemore Avenue, Cambridge, Massachusetts, EUA, que revelou vários métodos e sistemas automatizados para monitoramento de concreto na literatura de patente, tais como as Patentes US Nº 8,020,431; 8,118,473; 8,311,678; 8,491,717; 8,727,604; 8,746,954; 8,764,273; 8,818,561, 8,989,905, 9,466,803, 9,550,312; PCT/US2015/025054 (Publ. Nº WO 2015/160610 A1); e PCT/US2014/065709 (Publ. Nº WO2015073825 A1). A revelação de cada um dos pedidos anteriores é incorporada aqui a título de referência.

[055] Como alternativa, o sistema de monitoramento de abatimento pode ser baseado no uso de um sensor de força que é montado dentro do tambor, como ensinado, por exemplo, nas Patentes US Nº 8,848,061 9,625,891 de Berman

(Sensocrete Inc./GCP Applied Technologies), Patente US Nº 9,199,391 de Denis Beaupre et al. (I.B.B. Rheologie Inc.), ou na Publicação US Nº 2009/0171595 e WO 2007/060272 de Benegas. A revelação de cada um dos pedidos anteriores é incorporada aqui a título de referência.

[056] O termo “processo de dosagem” irá designar o processo de carregar o tambor misturador com constituintes de material de concreto, tal como cimento, agregados finos e graúdos, água, fibras e misturas químicas. Tipicamente, em plantas de concreto pré-misturado, os agregados finos e grosseiros são transportados para um depósito alimentador para pesagem para medir a quantidade de material necessária para carregar ou dosar um caminhão de concreto. Após a pesagem, o agregado fino e graúdo é despejado sobre uma correia transportada e carregado no tambor misturador do caminhão de concreto. Pós finos, tal como cimento e cinza volante, são tipicamente alimentados para o tambor misturador a partir de um silo diretamente acima do caminhão de concreto. A água e misturas químicas são distribuídas através de dispensadores líquidos. A ordem das adições pode variar em grande medida, dependendo da planta. Tipicamente, o agregado graúdo é carregado para a correia transportadora e o agregado fino é carregado por cima. Enquanto este está sendo carregado no tambor misturador, a maioria da água é adicionada. Quando a maioria dos agregados é carregada, os pós finos começam a ser adicionados simultaneamente. Após todos os materiais secos terem sido dosados, a água restante, junto com quaisquer misturas químicas, são tipicamente adicionados por último. Durante este processo, um caminhão betoneira tipicamente gira o tambor em alta velocidade entre 10 e 20 rpm para facilitar a mistura dos constituintes da batelada.

[057] O termo “água cinza” irá designar o material deixado em um tambor misturador, ou outro recipiente similar, após a distribuição e descarga de uma carga de concreto, e, mais frequentemente, o material deixado após o enxágue do tambor

após a distribuição e descarga de uma carga de concreto. Como tal, o material em sua maioria compreende água, cimento e misturas, embora pequenas quantidades de agregados possam permanecer no tambor, tal como areia e pedra. Por causa do processo de lavagem, tanto a viscosidade quanto a densidade relativa da água cinza são significativamente diferentes da do concreto. Mais especificamente, uma vez que o concreto geralmente possui uma viscosidade da ordem de 10 a 100 Pa·s, a água cinza geralmente terá uma viscosidade da ordem de 0.001 a 1 Pa·s. Ademais, a densidade relativa do concreto está tipicamente acima de 2.3, ao passo que a densidade relativa da água cinza é tipicamente menor do que 1.8. Isso corresponde a uma relação água-cimento acima de 1.68, que é muito superior à relação água-cimento de qualquer concreto prático.

[058] O termo “fração de submersão” irá designar a fração de uma rotação completa do vaso em que um sensor designado para detectar a presença de água cinza é submerso dentro da água cinza. O termo “fração inversa” irá designar a fração da rotação completa do vaso em que o sensor não está submerso.

[059] A expressão tambores misturadores "substancialmente similares" ou tambores misturadores ou vasos “substancialmente geometricamente similares” deverá indicar tambores misturadores ou vasos em que a mesma relação de volume de água cinza versus fração de submersão pode ser usada para determinar o volume de água cinza em outro tambor misturador com uma precisão de pelo menos 10 galões (37,8 litros), e, mais preferencialmente, 5 galões (18,9 litros). Os tambores misturadores são fabricados por várias empresas diferentes, como a McNeilus, Beck, Kimble, Contech, Continental, Schwing, etc. Muitas vezes, os tambores misturadores são soldados juntos à mão, incluindo as aletas que estão dentro do tambor para auxiliar na mistura dos conteúdos. Como tal, é raro encontrar dois tambores idênticos. No entanto, as diferenças dentro do modelo de tambor misturador do mesmo fabricante geralmente são desprezíveis para os fins da

presente invenção, e a mesma relação de volume de água cinza versus fração de submersão pode ser usada entre tais tambores. Consequentemente, uma vez que sejam obtidos dados para volume de água cinza versus fração de submersão para um tambor, esses dados podem ser usados como referência para determinar o volume de água cinza em outros tambores que são substancialmente geometricamente similares. No entanto, dois tambores de fabricantes diferentes podem necessitar de calibrações separadas, ou a inclusão de um fator aplicado para levar em conta as diferenças na configuração do tambor.

[060] O termo “comprimento do tambor” irá representar o comprimento do tambor [2] ao longo do eixo de rotação. A “cabeça” [4] do tambor [2] deverá indicar o lado do tambor ao longo do eixo de rotação que está aberto ao ar. É através desta abertura que os constituintes do concreto são dosados. A “cauda” [4] do tambor [2] deverá indicar o lado do tambor ao longo do eixo de rotação que está oposto à cabeça [4]. Na modalidade ilustrada na Fig. 1, o eixo de rotação é ilustrado como o eixo x, a cabeça [4] do tambor está na extrema direita e a cauda [6] do tambor está na extrema esquerda próximo ao motor [10]. O motor [10] que gira o tambor [2] estaria localizado em uma posição x de 0. O retângulo com Xs duplos representa a escotilha do tambor de concreto [8]. A escotilha [8] é uma seção removível do tambor [2] que permite acesso ao tambor para fins de manutenção.

[061] Na Fig. 2, os desvios dos abatimentos iniciais almejados, conforme medidos por um sistema de monitoramento de abatimento automatizado, são ilustrados ao longo do tempo para o mesmo esquema de mistura. Nesta planta em particular, a plataforma de abatimento foi removida e os medidores de umidade de agregado foram considerados em condição de trabalho. A alta variabilidade ilustrada é, portanto, consequência dos tambores não estarem completamente vazios após uma carga de concreto ser distribuída e descarregada, ou após o enxágue do tambor após uma carga de concreto ser distribuída e descarregada, resultando

assim na presença de água cinza no tambor antes de carregar o tambor com a próxima carga ou batelada. Essas flutuações no abatimento devido à água remanescente no tambor também significam que a resistência resultante será altamente variável.

[062] Usando os sistemas de monitoramento de abatimento automatizados atuais, foram feitas tentativas para ver se a água remanescente poderia influenciar os sinais de sensor atualmente utilizados para medir o abatimento. Na Fig. 3, a pressão hidráulica, que é usada para calcular o abatimento como ensinado, por exemplo, pela Patente US Nº 8,020,431 e pela Patente US Nº 8,746,954, é traçada graficamente versus o teor de água. Isto foi feito para três velocidades de tambor diferentes: 5, 11 e 19 rpm. Para a menor velocidade, pode-se ver que a relação entre o volume de água e a pressão hidráulica não é monotônico. Portanto, a uma pressão hidráulica por volta de 36 psi, o volume de água poderia ser de 37 galões (128,7 litros) ou 90 galões (340,58 litros); e, conseqüentemente, isto não pode ser usado como uma estimativa do volume de água. Para velocidades maiores, a relação se torna monotônica. Contudo, há muito pouca alteração apreciável na pressão. Para a velocidade de tambor de 11 rpm, uma alteração de 1,1% na pressão (de 125 para 126 psi) resulta em uma alteração de volume de 102%. De maneira similar, para a velocidade de tambor de 19 rpm, uma alteração de 2,0% na pressão (de 289 para 294 psi) resulta em uma alteração de volume de 102%. A sensibilidade deste método, portanto, é gravemente limitada.

[063] Na Fig. 4, o processo de uma modalidade ilustrativa é apresentado. No bloco 12, um sensor conectado a um vaso rotativo é monitorado à medida que gira para dentro e para fora da água cinza. O vaso deverá girar para atingir tanto um estado submerso quanto não-submerso para o sensor pelo menos uma vez (bloco 14). Em certas modalidades, o vaso rotativo é um tambor misturador de concreto, tal como um tambor misturador conectado a um caminhão, tal como um caminhão de

concreto pré-misturado. Como alternativa, ele pode ser parte do que se conhece como central dosadora de concreto, ou planta misturadora central, onde um grande tambor mistura os constituintes e então despeja o material em um caminhão de concreto pré-misturado ou em um caminhão basculante simples para ser distribuído para o canteiro de obras. Com rotações adicionais, a precisão e repetibilidade das medições a partir dos sinais de sensores no bloco 14 podem ser aprimoradas. O ângulo de tambor entre o eixo de rotação do vaso e a horizontal também é gravado durante esta etapa. Ele pode ser gravado, por exemplo, como o ângulo médio através da rotação. Como alternativa, o ângulo do caminhão com respeito à horizontal pode ser registrado, uma vez que o ângulo entre o vaso e o caminhão é fixo e conhecido ou mensurável (e é tipicamente de cerca de 13 graus). Um cálculo simples é necessário para subtrair o ângulo entre o vaso e o caminhão para obter o ângulo absoluto entre o eixo de rotação do vaso e a horizontal. Portanto, um dispositivo que pode medir ângulos com respeito à horizontal pode ser conectado ao tambor misturador, ou ao chassi do caminhão, tal como um acelerômetro.

[064] No bloco 14, as alterações no sinal a partir de um sensor de detecção de água montado no interior de um tambor misturador de concreto, tal como em uma parede interior ou escotilha do tambor misturador, são monitoradas ao longo do tempo ou das rotações. Em certas modalidades, o sensor pode estar localizado em uma posição ao longo do comprimento do tambor para permitir a detecção do menor volume de água cinza desejado (por exemplo, 5 galões (18,9 litros)). A Fig. 5a e a Fig. 5b mostram um tambor com dois ângulos de tambor diferentes. As escotilhas são designadas como [8], a seção transversal das aletas é designada como [32] e a água cinza é designada como [34]. Para um caminhão cujo chassi é plano, e um ângulo de tambor de 13° com respeito à horizontal (que representa um ângulo de tambor típico), isto ocorreria na Fig. 5a em uma posição de x em torno de 50. Em algumas plantas de produção de concreto, é comum encontrar uma rampa embaixo

do funil alimentador que carrega os caminhões de concreto (tipicamente com uma inclinação de 4°). Esta rampa ajuda o ângulo da abertura do tambor de concreto a aceitar os materiais sendo dosados. Assim, para um caminhão de concreto de carregamento traseiro (onde a cabeça do tambor, ou a abertura do tambor, está voltada para trás), a localização do sensor seria mais próxima da cauda do tambor (onde o tambor seria conectado ao motor que gira o tambor), como mostra a Fig. 5b em uma posição x de aproximadamente 23. Em qualquer um dos casos, outros fatores também contribuem para a localização do sensor: facilidade de instalação do sensor, posição relativa às aletas do tambor, e potencial de acúmulo de concreto (concreto endurecido dentro do tambor de concreto frequentemente resultante de má manutenção do tambor), por exemplo. Mais preferencialmente, o sensor deverá situar-se na terça parte inferior do comprimento do tambor (ao longo do eixo x da Fig. 1), mais próxima à cauda (por exemplo, o lado inferior-esquerdo do tambor, como representado na Fig. 1, [4]). Para a geometria do tambor de concreto ilustrativa apresentada na Fig. 1, uma localização preferida do sensor seria conectada à superfície do tambor em uma posição x menor do que aproximadamente 55. Mais preferencialmente, a localização do sensor é na escotilha (representada na Fig. 1 [6], Fig. 4a [8] e na Fig. 4b [8] como o retângulo com X_s duplos) para permitir a fácil instalação e manutenção. À parte da localização ao longo do comprimento do tambor, a altura do sensor também é importante. A Fig. 6 mostra uma localização ilustrativa do sensor [40], onde a altura é medida a partir da superfície interna do tambor, que é a distância entre as duas setas [42]. Idealmente, o sensor deverá estar o mais próximo possível da superfície interna do tambor (isto é, nivelado com a superfície interna do tambor, altura de 0) para detectar o menor nível de água. No entanto, podem existir limitações mecânicas, tal como espaço para componentes eletrônicos, de modo que o sensor pode se estender para o volume interior do tambor. Consequentemente, é preferido que a

altura do sensor seja menor do que 8 polegadas, mais preferencialmente menor do que 2 polegadas e, mais preferencialmente, menor do que 0,5 polegada, medida radialmente a partir da superfície do tambor. É concebível que o acúmulo de concreto pode cobrir o sensor. No entanto, neste caso, a saída do sensor não mudaria, indicando que o sensor precisa ser limpo.

[065] Sensores adequados requerem a capacidade de distinguir entre quando o sensor está submerso, e quando o sensor está não-submerso. Em outras palavras, quando o sensor entra em contato com a água cinza, a saída resultante precisa ser distinguida da saída de quando o sensor não está em contato com a água cinza. Assim, um sinal binário é adequado para determinar o contato com a água. Por exemplo, quando submersos, os sensores baseados em resistividade elétrica apresentarão uma diminuição pronunciada na resistividade, uma vez que a água cinza é um meio condutor. As medições absolutas não são importantes, mas sim a diferença entre os dois estados. Os sensores baseados em permissividade elétrica irão apresentar um aumento no dielétrico à medida que o sensor entra em contato com a água cinza. Além disso, os sensores projetados para medir a turbidez mediriam um aumento pronunciado na turbidez à medida que o sensor entra em contato com a água cinza. Os sensores adequados, portanto, podem tirar proveito da resistência elétrica (vide, por exemplo, a Patente US Nº 4,780,665), a permissividade elétrica (vide, por exemplo, a Patente US Nº 4,438,480), microondas (vide, por exemplo, a Patente US Nº 4,104,584), ressonância nuclear (vide, por exemplo, a Patente US Nº 2,999,381), ondas infravermelhas (vide, por exemplo, a Patente US Nº 8,727,608), ondas acústicas (vide, por exemplo, a Patente US Nº 7,033,321) e dispersão de luz (vide, por exemplo, as Patentes US Nº 2,324,304 e 4,263,511). A partir dos sinais, a fração de submersão ou a fração inversa podem ser calculadas de diversas maneiras. As revelações das patentes anteriores são incorporadas no presente documento a título de referência. É concebível que

múltiplos sensores possam ser usados para melhorar a precisão da medição ou fornecer redundância se um único sensor apresentar mau funcionamento. Se um sensor redundante falhar, o sistema pode detectar o mau funcionamento e trocar para o sensor alternativo, e também pode alertar para o mau funcionamento. Esses sensores [46 e 48] podem ser conectados, por exemplo, em uma escotilha [8] em uma disposição ilustrada na Fig. 7. Os sensores [46] e [48] no exemplo ilustrado na Fig. 7 podem ser o mesmo tipo de sensor ou diferentes. Se diferentes tipos de sensores forem usados, eles podem ser dispostos de forma a serem separados de modo a minimizar qualquer influência que os sensores tenham nas medições uns dos outros. Se não houver interferência, por exemplo, devido ao fato de os sensores medirem fenômenos físicos diferentes, eles podem ser espaçados mais próximos um do outro. Adicionalmente, tais sensores podem ser alimentados por meios diferentes, tal como uma bateria (que pode ser recarregável), ou por um painel solar, ou uma combinação de ambos.

[066] Por exemplo, em certas modalidades, a informação de contato de água cinza determinada a partir do sensor pode ser emparelhada com um dispositivo de detecção de posicionamento, tal como um decodificador ou um acelerômetro conectado à superfície do tambor misturador, para identificar a fração de uma rotação completa na qual o sensor está em contato com a água cinza versus a fração de uma rotação completa na qual o sensor não está em contato com a água cinza. A aceleração vertical (levando em conta o efeito da gravidade) é de natureza sinusoidal à medida que o tambor gira. Na Fig. 8, a aceleração de um acelerômetro fixado na superfície de um tambor misturador na direção vertical é traçada graficamente versus o tempo para uma rotação. Pode ser visto claramente onde o acelerômetro está se movendo para cima, para baixo e nos pontos máximo e mínimo durante a rotação. Nesta figura, o tambor está se movendo no sentido horário, com o observador olhando para o tambor. A uma aceleração vertical de 0

(tempo = 0 segundos), o acelerômetro está no topo do tambor acelerando somente para a direita (e não na direção descendente). No tempo = 0,05 segundo, o acelerômetro está no ponto mais à direita do tambor, acelerando puramente na direção para baixo, a um pouco mais de 1 g. No tempo igual a aproximadamente 0,078 segundo, o acelerômetro mais uma vez não está se movendo na direção para cima ou para baixo, mas puramente para a esquerda. No tempo igual a aproximadamente 0,115 segundo, o acelerômetro está se movendo puramente para cima (oposto da gravidade), e, finalmente, no tempo igual a aproximadamente 0,15, o acelerômetro apresenta uma conclusão da rotação. Durante a rotação do tambor de concreto, o acelerômetro irá monitorar a posição do tambor. Uma vez que a localização do acelerômetro no tambor é fixa, a distância que o sensor físico percorre em uma rotação também é fixa. Durante uma rotação do tambor, o acelerômetro pode relatar as posições do tambor quando o sensor de detecção de água cinza sinaliza tanto a entrada quanto a saída na água cinza. Sabendo a distância total que o acelerômetro percorre em uma rotação completa e ao comparar os dois estados da posição do tambor, a fração de uma rotação completa em que o sensor de água cinza está em contato (ou não está em contato) com a água cinza pode ser determinada diretamente. Observe que o acelerômetro não precisa necessariamente estar na mesma localização que o sensor de detecção de água cinza, uma vez que o fator importante é que uma diferença relativa é obtida entre os estados de tambor correspondendo aos eventos de entrada e saída do sensor para dentro e para fora da água cinza. Adicionalmente, a velocidade do tambor não precisa ser constante durante este processo. É preferível que a fração de submersão ou a fração inversa seja medida no decorrer de múltiplas rotações, de modo que um valor médio possa ser usado.

[067] Em algumas modalidades, o tempo em que o sensor está em contato com a água cinza versus o tempo em que o sensor não está em contato com a água

cinza pode ser medido. Ao calcular o tempo em que o sensor é submerso e comparando-o com o tempo total da rotação do tambor, por exemplo, o fator de submersão pode ser calculado (retornando à Fig. 4, bloco 16). Na Fig. 9, uma leitura do sensor é ilustrada ao longo do tempo, o qual entra e sai da água em um caminhão de concreto pré-misturado com 50 galões (189,27 litros) de água cinza. Para a primeira rotação, que começa no tempo 0, o sensor começa fora da água. Em aproximadamente 22 segundos, o sensor entra na água, alterando a leitura de saída no sensor (neste caso, um sensor de turbidez). O sensor sai da água em aproximadamente 28 segundos, completando a rotação do tambor. Portanto, usando o tempo de entrada e saída, a porcentagem em contato com água é $(28 - 22) / (28 - 0) = 21,4\%$. Neste exemplo, o tempo total para a rotação deverá ser conhecido. Isso pode ser determinado determinando-se o tempo a partir de um evento de entrada (quando o sensor entra na água cinza) para o próximo evento de entrada (ou, similarmente, um evento de saída (quando o sensor sai da água cinza) para o próximo evento de saída). Como alternativa, caso se saiba que o tambor esteja se movendo a uma velocidade constante, e a velocidade de rotação é conhecida, o tempo total para cada rotação é constante (e pode ser calculado como 1 ao longo da velocidade do tambor). Na Fig. 9, há variabilidade considerável na leitura uma vez que o sensor esteja na água. Isso se deve ao fato de as ondas criadas pelo sensor passarem através do fluido. Ao calcular a média do resultado durante várias rotações, uma estimativa mais precisa da água pode ser obtida. Além disso, um sensor projetado para minimizar o despertar à medida que o sensor passa através do fluido pode diminuir a variabilidade no sinal. Como alternativa, a variação no sinal pode ser usada como uma vantagem, observando que a variabilidade, neste exemplo, aumenta significativamente quando na água cinza, se comparado a no ar. Assim, é concebível que usar uma medida da variabilidade, tal como o desvio padrão, pode fornecer indicações para determinar quando o dado sensor está

submerso e não-submerso. Observe que, nesta modalidade, é mais preferível que o tambor esteja se movendo a uma velocidade constante.

[068] Em algumas modalidades, uma vez que a fração de submersão (ou fração inversa) seja conhecida, uma curva de calibração que relaciona a fração de submersão (ou fração inversa) e o volume de água pode ser usada para determinar o volume de água no tambor misturador (retornando à Fig. 4, bloco 18). Esta curva de calibração pode ser derivada de diversas maneiras. Uma consiste em usar a geometria do tambor misturador de concreto e a localização da sonda dentro do tambor (incluindo a altura do sensor comparado à superfície do tambor) para derivar o volume da água cinza no tambor baseado diretamente na fração da rotação na qual o sensor está em contato com a água cinza em um dado ponto no tambor misturador de concreto o ângulo do tambor com respeito à horizontal. Por exemplo, um modelo de desenho assistido por computador (CAD) tridimensional pode ser criado, refletindo o tamanho e o formato de um tambor misturador de concreto. Além do invólucro do tambor, também podem ser incluídas aletas que podem estar presentes no tambor para auxiliar na mistura. Isso pode ser feito usando cópias do esquema de tambor real (disponibilizadas pelo fabricante), obtendo medições físicas do tambor, ou usando um escâner a laser para obter medições do tambor. Dentro do modelo tridimensional, um modelo do sensor pode ser inserido com uma localização e altura especificadas. O modelo inteiro (tambor e sensor) pode ser inclinado para representar diferentes ângulos de tambor (ângulo entre o eixo de rotação e a horizontal). Baseado na inclinação, uma nivelada pode ser inserida no modelo, representando uma superfície da água cinza. O volume da água cinza para uma altura de superfície específica dentro do modelo do tambor pode ser calculado usando métodos de volume padrão frequentemente fornecidos por software CAD. Para o dado volume de água, o modelo pode ser rotacionado em torno do eixo de rotação do tambor (por exemplo, o modelo pode ser redesenhado para cada rotação

de 1°). A localização do sensor pode ser rastreada por toda a rotação e a posição de rotação do tambor pode ser identificada quando o sensor entra em contato com a superfície da água cinza. Usando esta informação, a fração da rotação completa em que o sensor é submerso debaixo da superfície da água cinza pode ser determinada. Isto pode ser repetido para uma pluralidade de volumes de água cinza para criar um volume versus fração de uma curva de calibração de rotação completa usando métodos de ajuste de curva convencionais. Como alternativa, uma tabela de consulta também pode ser criada.

[069] Outro método para construir uma curva de calibração para determinar o volume de água cinza consiste em criar uma base de dados de frações de submersão (ou frações inversas) e os volumes de água correspondentes conhecidos, e a partir desta base de dados, uma relação empírica pode ser criada para prever o volume de água baseado em uma porcentagem de uma rotação na qual um sensor está em contato (ou não está em contato) com a água cinza. Por exemplo, um tambor misturador de concreto pode ser preenchido com uma série de volumes de água diferentes conhecidos (que podem ser facilmente alimentados em uma instalação de produção de concreto). Para cada volume de água, o tambor misturador pode ser rotacionado preferencialmente mais de uma vez enquanto se registra a saída do sensor. Após isto, os dados podem ser analisados para determinar a fração de uma rotação completa correspondendo a cada um dos volumes conhecidos. Com esta informação, uma curva de calibração pode ser criada usando quaisquer métodos de ajuste de curva convencionais. Como alternativa, uma tabela de consulta também pode ser criada.

[070] Qualquer um desses métodos para correlacionar a medição do sensor com o volume de água pode ser suplementado com informações sobre a área de superfície do tambor. Ou seja, uma vez que o tambor se torne úmido após a primeira dosagem, pode residir água na superfície interior do tambor. Isto pode não ser

irrisório, já que a área de superfície de um caminhão de concreto pré-misturado pode ser grande. Na prática, um estado úmido ou seco simples pode ser usado com a água para um estado úmido medido tanto através de medição do peso do caminhão ou tambor antes ou depois do umedecimento ou simplesmente assumindo-se uma quantidade de água aderindo-se a uma área de superfície unitária do metal (por exemplo, 200 gramas por metro quadrado). Observe que esta água ligada à superfície permanece na superfície e não é descarregada. Como tal, ela não é parte da “água cinza”, e é mais de um fator para a primeira carga dosada no tambor seco. É necessário que água extra seja adicionada para compensar isto. Esta é uma razão pela qual muitas vezes a primeira carga do dia para um determinado caminhão possui um abatimento inferior. Por exemplo, a área de superfície do tambor misturador de concreto na Fig. 1 tem uma área de superfície de aproximadamente 302 pés quadrados. Supondo que a superfície interna tenha uma aderência de água de 0,05 libras por pé quadrado, a superfície interna do tambor incluiria aproximadamente 2 galões de água. Assim, para a primeira batelada de concreto, 2 galões de água adicionais (7,57 litros) deverão ser adicionados se a superfície interna do tambor estiver seca. Outra consideração é o acúmulo de concreto endurecido dentro do tambor. Isso geralmente ocorre devido à má manutenção, clima quente (fazendo com que o concreto se cure mais rápido), ou a esquemas de mistura contendo aceleradores de hidratação. Se o acúmulo de concreto endurecido dentro do tambor tiver sido determinado como sendo significativo para um tambor específico (por exemplo, uma inspeção visual do tambor pode revelar acúmulo significativo), a informação do sensor de água cinza pode ser modificada ou desconsiderada. Se o sensor de água cinza for coberto com concreto endurecido, é provável que a saída durante toda a rotação não se altere drasticamente, mesmo quando o tambor é preenchido intencionalmente com água ou concreto. Este sinal pode ser usado para alertar que o acúmulo de concreto

ocorreu e que o sensor de água cinza precisa ser limpo. Como alternativa, a medição do acúmulo pode desligar a medição de água cinza se o acúmulo exceder um limite predefinido. Com o teor de água cinza real conhecido, um alerta pode ser enviado se o teor de água cinza exceder um limite predefinido, tal como 20 galões (75,70 litros), ou, mais preferencialmente, 10 galões (37,85 litros), ou, mais preferencialmente, 5 galões (18,92 litros). Em vez de, ou em acréscimo ao alerta, o teor de água a ser dosado para a próxima carga imediata para o mesmo caminhão betoneira com tambor misturador de concreto atual pode ser ajustado apropriadamente (bloco 20). Após isto, o profissional responsável pela batelada, o gerente de controle de qualidade ou outro coordenador pode ser alertado quanto à alteração. Como alternativa, ou além disso, os materiais dosados para a próxima carga de concreto no tambor misturador de concreto atual podem ser ajustados com base no teor de água cinza. Por exemplo, a água a ser dosada pode ser reduzida pela quantidade medida. Alternativamente, a quantidade de cimento pode ser aumentada de modo, por exemplo, a manter a relação projetada entre a água e o cimento. Também é concebível que misturas possam ser adicionadas para compensar a água adicional detectada pelo sensor de água cinza. Como alternativa, a água cinza pode ser descarregada do tambor misturador de concreto.

[071] Em algumas modalidades, uma unidade de processamento pode ser proporcionada, a unidade de processamento possuindo um elemento de armazenamento. A unidade de processamento pode ser um dispositivo de computação de uso geral, tal como um microprocessador. Como alternativa, ela pode ser um dispositivo de processamento especializado, tal como um controlador lógico programável (PLC). O elemento de armazenamento pode utilizar qualquer tecnologia de memória, tal como RAM, DRAM, ROM, ROM Flash, EEROM, NVRAM, mídia magnética, ou qualquer outro meio apropriado para armazenar dados e instruções legíveis por computador. A unidade de processamento pode estar em

comunicação elétrica (por exemplo, com fio, sem fio) com um sensor capaz de gerar um sinal indicativo de quando ela é submersa em água e um sinal diferente indicativo de quando ela não está submersa em água. A unidade de processamento também pode estar em comunicação elétrica (por exemplo, com fio, sem fio) com um dispositivo de determinação de posição, tal como um acelerômetro capaz de gerar um sinal indicativo da posição do vaso, tal como um tambor misturador de concreto. O processador também pode estar associado a uma interface humano-máquina ou HMI que exibe ou de alguma outra forma indica, a um operador, o volume determinado de água cinza no vaso. O elemento de armazenamento pode conter instruções que, quando executadas pela unidade de processamento, permitem ao sistema realizar as funções descritas aqui. Em algumas modalidades, a curva de calibração pode ser armazenada dentro dos dados de memória. Ela pode ser armazenada, por exemplo, como uma tabela, uma equação ou um conjunto de equações. Em algumas modalidades, a geometria do tambor misturador pode ser armazenada nos dados de memória. Em algumas modalidades, mais de um processador pode ser usado, tal como, por exemplo, um processador em comunicação com um sensor capaz de gerar um sinal indicativo de quando ele é submerso em água e um sinal diferente indicativo de quando ele não está submerso em água, e um processador separado em comunicação com um dispositivo de determinação de posição.

[072] A taxa à qual os dados são coletados também pode ser considerada de modo a atingir uma precisão aceitável. A inclinação do volume de fluido versus fração de submersão de uma rotação, conforme construído de acordo com as modalidades aqui reveladas, aumenta à medida que a fração de submersão de uma rotação aumenta. Em outras palavras, em frações baixas, para alterações relativamente grandes na fração de submersão, ocorrem alterações relativamente pequenas no volume de fluido. Por outro lado, em frações altas, para uma alteração

relativamente pequena na fração de submersão, alterações grandes no volume são experimentadas (a inclinação da curva de volume de fluido - fração de submersão é mais pronunciada). Na prática, a saída do sensor é registrada em um dado intervalo. Entre as medições reais, não se sabe se ocorreu uma alteração no estado de submersão do sensor. Uma solução consiste em tomar medições em intervalos de tempo menores. Baseado no sensor, isso pode aumentar drasticamente o requisito de potência. Portanto, deseja-se ter a menor taxa de coleta de dados para uma dada precisão. Usando a velocidade do tambor misturador, o ângulo em que o tambor gira para um dado intervalo de tempo pode ser calculado. Por exemplo, a uma velocidade de tambor de 2 rpm, o tambor gira 12 graus por segundo. Se os dados fossem coletados a cada segundo, haveria 12 graus de incerteza quanto a se o sensor estava dentro ou fora da água. Isto perfaz 3,33% da rotação total. Para uma velocidade de tambor de 20 rpm, o tambor gira 120 graus por segundo. Se os dados fossem coletados a cada segundo, haveria um terço de uma rotação completa onde seria incerto se o sensor estaria dentro ou fora da água cinza. Assim, é preferido que, para velocidades de rotação do tambor menores do que ou iguais a 2 rotações por minuto, o sensor efetue pelo menos 5 medições por segundo, e, mais preferencialmente, 10 medições por segundo, e o mais preferível, 20 medições por segundo. Para velocidades de rotação do tambor menores do que ou iguais a 6 rotações por minuto, mas maiores do que 2 rotações por minuto, o sensor efetua pelo menos 15 medições por segundo, e, mais preferencialmente, 30 medições por segundo, e o mais preferível, 60 medições por segundo. Além disso, para velocidades de rotação do tambor maiores do que 6 rotações por minuto, mas maiores do que 6 rotações por minuto, o sensor efetua pelo menos 50 medições por segundo, e, mais preferencialmente, 100 medições por segundo, e o mais preferível, 200 medições por segundo.

[073] Na Fig. 10, o sistema de uma modalidade ilustrativa é apresentado. No

bloco 52, as medições de um sensor de água cinza são enviadas a um processador/receptor no bloco 54. Este processador/receptor então recupera uma curva de calibração a partir de uma base de dados no bloco 56. Com a leitura de medição e a curva de calibração, um volume de água cinza é calculado. Este valor pode então ser enviado a um meio de exibição ou outros mecanismos de alerta, ilustrados no bloco 58. Como alternativa, ou adicionalmente, o volume de água cinza é enviado ao sistema de dosagem. Aqui, a quantidade de água, quantidade de cimento, quantidade de mistura, ou combinações das mesmas, podem ser ajustadas para a próxima batelada no tambor misturador de concreto atual.

[074] Embora as modalidades sejam descritas aqui usando um número limitado de modalidades, estas modalidades específicas não têm a intenção de limitar o escopo da invenção como de outra maneira descrito e reivindicado aqui. Existem modificações e variações em relação às modalidades descritas. Mais especificamente, os exemplos a seguir são apresentados como uma ilustração específica das modalidades da invenção reivindicada. Deve ser compreendido que a invenção não se limita aos detalhes específicos apresentados nos exemplos.

Exemplo 1

[075] Um modelo de tambor misturador tridimensional foi criado usando medições de um tambor de concreto real. Um sensor de modelo foi implementado no modelo de tambor misturador, localizado no centro da escotilha do tambor misturador. Todo o modelo (tambor e sensor) foi inclinado inicialmente a 13° a partir da horizontal, representando o que é tipicamente observado no campo. Com base nesta inclinação, uma superfície representando a superfície de água cinza contida dentro do tambor foi implementada em diferentes alturas com relação ao menor ponto do tambor misturador. Para cada uma das várias alturas, o volume entre a superfície nivelada e a superfície do tambor de concreto poderia ser calculado usando um método de soma de Riemann tridimensional. Em cada altura de

superfície, o tambor misturador foi rotacionado computacionalmente, rastreando a localização do sensor com respeito à altura da superfície. Desta maneira, as posições do tambor quando o sensor foi submerso embaixo da superfície puderam ser determinadas. Consequentemente, a fração de uma rotação completa em que o sensor esteve embaixo da superfície foi determinada para cada altura de superfície, a qual, por sua vez, foi associada a um volume. Assim, uma relação entre o volume e a fração de uma rotação completa em que um sensor esteve em contato com a água cinza poderia ser criada. Este processo foi repetido para diferentes ângulos de tambor. Nas Figs. 11a e 11b, a localização de um sensor ilustrativo é apresentada dentro de um tambor misturador de concreto, em contato com um volume de água conhecido (15 galões de água cinza (56,78 litros)). O perfil do tambor de concreto é ilustrado na Fig. 11a, enquanto que um modelo tridimensional é apresentado na Fig. 11b. Neste exemplo, o sensor é conectado ao centro da escotilha do tambor misturador de concreto a uma altura de 6 polegadas. Embora o sensor não precisa estar localizado na escotilha do tambor, esta localização fornece fácil acesso ao sensor para fins de manutenção. Além disso, muitas vezes, a escotilha está na localização apropriada para garantir que o sensor irá girar para dentro e para fora da água para pequenos volumes de água cinza (isto é, se o sensor situar-se próximo à abertura do tambor, é pouco provável que o sensor gire para dentro (e para fora de) um pequeno volume de água cinza). Se o eixo de rotação do tambor misturador de concreto for inclinado, o perfil da água cinza mudaria. Na Fig. 12a, a geometria do tambor foi usada junto com o ângulo entre o eixo de rotação do tambor misturador de concreto e a horizontal para determinar a relação entre a fração de uma rotação completa na qual um sensor montado em uma localização representada nas Figs. 12a e 12b e o volume de água cinza no tambor. A relação não é uma linha única, mas uma região devido ao efeito do ângulo do caminhão, que é ilustrado na Fig. 11b. Se este ângulo for conhecido, a relação entre o volume e a fração de uma

rotação completa se aproxima de uma única linha, como mostra a Fig. 13.

Exemplo 2

[076] Nas Figs. 14a, 14b e 14c, a taxa de coleta de dados é calculada usando uma relação de volume de fluido – fração de submersão encontrada na Fig. 13. Na Fig. 13, por exemplo, se a fração de submersão real for 0,15, e a medição for feita uma vez por segundo, a fração de submersão medida poderia estar em qualquer lugar a partir de 0,12 a 0,18. Usando a Fig. 13, uma fração de submersão variando entre 0,12 e 0,18 se traduz em um volume de fluido entre 24,5 galões (92,74 litros) e 69 galões (261,19 litros). Para diferentes volumes de fluido total, a resolução de fração de submersão é derivada para alcançar uma precisão de, por exemplo, 2 galões (7,57 litros). Então, combinando estes dados com a velocidade do tambor, o número de leituras necessário para alcançar a resolução de fração de submersão é calculado. Como pode ser visto na Fig. 14a, para alcançar uma resolução de 2 galões (7,57 litros), aproximadamente 25 leituras por segundo precisam ser capturadas para uma velocidade do tambor de 2 rpm. Na Fig. 14a, para alcançar uma resolução de 2 galões (7,57 litros), aproximadamente 75 leituras por segundo precisam ser capturadas para uma velocidade do tambor de 6 rpm. Para uma velocidade de tambor de 20 rpm, o número de leituras por segundo é de quase 250, como visto na Fig. 14c. O ângulo de tambor não possui um grande efeito em nenhum desses casos. De um ponto de vista da praticidade, é suficiente, para uma dada precisão desejada, por exemplo, 2 galões (7,57 litros), definir a velocidade de coleta de dados como sendo um valor (por exemplo, 250 leituras por segundo).

Exemplo 3

[077] A localização anexada da sonda dentro do tambor misturador junto com o ângulo do caminhão determina o volume mínimo detectável pelo sensor. A altura na qual o sensor está localizado acima da superfície interior do tambor também dita o volume mínimo (quanto mais alto o sensor, maior o volume mínimo).

A Fig. 15 mostra o efeito do ângulo do caminhão sobre o volume mínimo detectado para uma sonda conectada ao meio da escotilha do tambor misturador para esta dada geometria de tambor e uma altura de sensor de 6 polegadas (15,24 cm) a partir do interior do tambor. O conhecimento desta informação pode ser incluído em uma medição de água cinza; por exemplo, mesmo se nenhuma água for detectada pelo sensor, o volume mínimo pode ser usado em uma estimativa conservadora com a qual será ajustada a próxima carga de concreto a ser dosada. No entanto, seria mais preferido ter uma altura de sensor o mais baixo possível sem ter problemas com o acúmulo de concreto.

Exemplo 4

[078] Um medidor de água consistindo em um sensor de turbidez (baseado na ISO 7027:1999) foi afixado ao interior de um tambor misturador de concreto a uma altura de 1 polegada (2,54 cm) a partir da superfície interna do tambor. O tempo de entrada e saída da água também foi calculado conhecendo-se a velocidade do tambor. Com base na geometria do tambor apresentada na Fig. 11a e na inclinação de 13° do eixo de rotação do tambor de misturador de concreto para a horizontal, o volume de água poderia ser calculado baseado nos resultados do medido de água e na fração de tempo, similar ao que foi apresentado na Fig. 13. A equação real usada foi $V = -8.76 - 166 \times F + 0.11.1 \times \exp(10.774 \times F)$, onde V é o volume de água cinza, F é a fração de submersão de tempo e \exp é a função exponencial. O volume de água foi aumentado várias vezes, enquanto que a fração foi calculada a partir de uma média de pelo menos três rotações e apresentada na Fig. 16. Tanto os resultados de uma única rotação, bem como os resultados da média de várias rotações são traçados graficamente para mostrar o aprimoramento da predição do volume de água cinza. Como pode ser observado, o volume de água previsto a partir do método de fração de tempo está de acordo com os volumes de água reais.

Exemplo 5

[079] No Exemplo 5, assumiu-se a geometria do tambor misturador de concreto como sendo desconhecida e os resultados do Exemplo 4 foram divididos em dois grupos: 6 pontos de dados para criar uma calibração empírica e 5 pontos de dados para testar a calibração. Uma análise regressiva usando um polinômio de ordem 2 foi usada para criar uma curva de calibração entre a fração de tempo em que o sensor esteve na água e o volume de água real. Verificou-se esta equação como sendo $V = 35.5 - 620 \times F + 3530 \times F^2$, onde V é o volume de água cinza e F é a fração de submersão de tempo. Este melhor ajuste foi então aplicado aos 5 pontos restantes, resultando na Fig. 17, mostrando os volumes de água previstos versus reais com base na calibração. Novamente, a predição é capaz de corresponder aos volumes de água reais. Deve ser observado que, neste exemplo, uma função polinomial (2ª ordem) foi usada, enquanto que, no Exemplo 4, uma função exponencial foi usada. Isto ilustra que ambas podem se ajustar ao formato dos dados constituindo a relação entre o volume e a fração de submersão com os coeficientes de função apropriados. Outras funções também podem se ajustar ao formato dos dados.

[080] As presentes modalidades são descritas aqui usando um número limitado de modalidades ilustrativas sem ter a intenção de limitar o escopo, como normalmente seria descrito e reivindicado aqui.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para determinar o teor de água cinza remanescente em um tambor misturador a partir de uma carga de concreto anterior que foi descarregada a partir do dito tambor misturador para fornecer a dosagem precisa de uma nova carga de concreto no dito tambor misturador, o dito método sendo **CARACTERIZADO** por compreender:

(A) prover um tambor misturador de concreto possuindo um volume interior e um eixo de rotação;

(B) prover pelo menos um sensor montado em uma localização no dito volume interior do dito tambor misturador de modo que, durante uma rotação do dito tambor misturador, o sensor separadamente atinja tanto um estado submerso em qualquer água no dito interior quanto um estado não-submerso, e gere um sinal indicativo de cada dito estado;

(C) girar o tambor misturador de concreto de modo que o sensor atinja separadamente tanto um estado submerso em qualquer água no dito interior quanto um estado não-submerso;

(D) determinar o ângulo entre o eixo de rotação do tambor misturador de concreto e a horizontal;

(E) determinar a fração de submersão ou fração inversa que o sensor alcança com base na rotação da Etapa (C);

(F) fornecer dados correlacionando a fração de submersão ou fração inversa com o volume de água correspondente em um vaso que é substancialmente geometricamente similar ao dito tambor misturador;

(G) determinar o teor de água cinza no dito tambor misturador comparando a fração de submersão determinada na Etapa (E) com os ditos dados da Etapa (F) e o ângulo entre o eixo de rotação do tambor misturador de concreto e a horizontal determinado na Etapa (D); e um ou ambos dentre

(H) criar um alerta se o teor de água cinza detectado for maior do que um limite predefinido, modificar a porcentagem de água na dita nova carga de concreto, com base no teor de água cinza determinado na etapa (G), descarregar pelo menos uma parte da água cinza a partir do dito tambor misturador com base no teor de água cinza determinado na etapa (G), ou uma combinação dos mesmos.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dito tambor misturador de concreto é montado em um caminhão.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dito pelo menos um sensor é um sensor de resistividade elétrica, um sensor de capacitância elétrica, um sensor acústico, um sensor de microondas, um sensor de ressonância nuclear, ou um sensor de luz.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dito tambor misturador tem um comprimento e um motor para girar o dito tambor misturador, e em que o dito pelo menos um sensor está localizado na terça parte inferior ao longo do comprimento do tambor misturador, mais próxima do dito motor.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dito pelo menos um sensor está localizado a menos de 8 polegadas (20,32 cm) da superfície interna do tambor misturador.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dito pelo menos um sensor está localizado a menos de 2 polegadas (5,08 cm) da superfície interna do tambor misturador.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dito pelo menos um sensor está localizado a menos de $\frac{1}{2}$ polegada (1,27 cm) da superfície interna do tambor misturador.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dito pelo menos um sensor efetua uma medição pelo menos 5 vezes por

segundo para velocidades de rotação do tambor menores do que ou iguais a 2 rotações por minuto.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dito pelo menos um sensor efetua uma medição pelo menos 15 vezes por segundo para velocidades de rotação do tambor menores do que ou iguais a 6 rotações por minuto, mas maiores do que 2 rotações por minuto.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dito pelo menos um sensor efetua uma medição pelo menos 50 vezes por segundo para velocidades de rotação do tambor maiores do que 6 rotações por minuto.

11. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o ângulo determinado na Etapa (D) é fornecido por um acelerômetro montado no tambor.

12. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a fração de submersão ou fração inversa determinada na Etapa (E) se baseia na variabilidade da saída do sensor.

13. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a fração de submersão ou fração inversa determinada na Etapa (E) se baseia no tempo em que o sensor detecta água cinza comparado com o tempo total para completar uma rotação do tambor.

14. Método, de acordo com a reivindicação 13, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o tempo total para completar a dita rotação se baseia na velocidade de rotação do tambor misturador.

15. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a fração de submersão determinada na Etapa (E) se baseia na distância que o dito pelo menos um sensor percorreu enquanto detectando a água cinza comparado com a distância total percorrida para completar uma rotação do tambor.

16. Método, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a posição do dito pelo menos um sensor é determinada por um acelerômetro montado no tambor misturador.

17. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os dados gerados na Etapa (F) se baseiam em um conjunto de dados representando a geometria do tambor misturador e a localização do dito pelo menos um sensor em três dimensões.

18. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os dados gerados na Etapa (F) se baseiam em saídas de sensor correspondendo a pelo menos dois volumes de água medidos no dito vaso substancialmente geometricamente similar.

19. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o teor de água cinza é determinado com base em pelo menos três rotações sucessivas do tambor misturador.

20. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito tambor misturador tem uma superfície interior, o dito método adicionalmente compreendendo determinar a quantidade de água aderindo-se à dita superfície interior do dito tambor misturador, e modificar a quantidade do teor de água cinza determinado na etapa (G) com base na dita determinação.

21. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** por adicionalmente compreender determinar a quantidade de concreto endurecido acumulado dentro do dito tambor misturador, e modificar a quantidade do teor de água cinza determinado na etapa (G) com base na dita determinação.

22. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita nova carga de concreto compreende água e cimento, e em que a dita porcentagem de água na dita nova carga de concreto é modificada ajustando-se o teor de água, o teor de cimento, ou ambos.

23. Método para determinar o volume de água cinza remanescente em um vaso possuindo um volume interior e um eixo de rotação após uma primeira carga de cimento ter sido descarregada do dito vaso, o dito método sendo **CARACTERIZADO** por compreender:

girar o dito vaso pelo menos por uma rotação completa e determinar o ângulo do eixo de rotação do dito vaso com respeito à horizontal;

prover pelo menos um sensor no dito volume interior posicionado de modo a ser submerso na água cinza no dito vaso durante uma primeira parte da dita uma rotação completa e não submerso na água cinza no dito vaso durante uma segunda parte da dita uma rotação completa, o dito pelo menos um sensor gerando um primeiro sinal quando está submerso e um segundo sinal quando não está submerso;

determinar a razão da dita primeira parte ou da dita segunda parte para a dita uma rotação completa;

determinar o ângulo entre o eixo de rotação do tambor misturador de concreto e horizontal;

comparar a dita razão com uma razão predeterminada indicativa do volume da água cinza no dito vaso; e

modificar a porcentagem de água em uma segunda carga de cimento a ser carregada para o dito vaso com base na dita comparação e o dito ângulo entre o eixo de rotação do tambor misturador de concreto e horizontal.

24. Método para determinar o volume de água cinza remanescente em um vaso possuindo um volume interior e um eixo de rotação após uma primeira carga de cimento ter sido descarregada do dito vaso, o dito método sendo **CARACTERIZADO** por compreender:

girar o dito vaso pelo menos por uma rotação completa e determinar o ângulo do eixo de rotação do dito vaso com respeito à horizontal;

prover pelo menos um sensor no dito volume interior posicionado de modo a ser submerso na água cinza no dito vaso durante uma primeira parte da dita uma rotação completa e não submerso na água cinza no dito vaso durante uma segunda parte da dita uma rotação completa, o dito pelo menos um sensor gerando um primeiro sinal quando está submerso e um segundo sinal quando não está submerso;

determinar a razão da dita primeira parte ou da dita segunda parte para a dita uma rotação completa;

comparar a dita razão com uma razão predeterminada indicativa do volume da água cinza no dito vaso; e

descarregar pelo menos uma parte da dita água cinza a partir do dito vaso com base na dita comparação e no dito ângulo do eixo de rotação.

25. Sistema para determinar o volume de água cinza remanescente em um vaso possuindo um volume interior e um eixo de rotação após uma primeira carga de cimento ter sido descarregada do dito vaso, o dito sistema sendo **CARACTERIZADO** por compreender:

um motor para girar o dito vaso por pelo menos uma rotação completa de modo que o ângulo do eixo de rotação do dito vaso com respeito à horizontal possa ser determinado;

pelo menos um sensor no dito volume interior do dito vaso posicionado de modo a ser submerso na água cinza no dito vaso durante uma primeira parte da dita uma rotação completa e não submerso na água cinza no dito vaso durante uma segunda parte da dita uma rotação completa, o dito pelo menos um sensor gerando um primeiro sinal quando está submerso e um segundo sinal quando não está submerso;

um dispositivo de determinação de posicionamento ou um dispositivo de determinação de tempo para determinar uma fração de submersão que é a parte de

uma rotação completa na qual o sensor está submerso ou a parte de uma rotação completa na qual o sensor não está submerso;

um processador em comunicação com o dito pelo menos um sensor para receber o dito primeiro e segundo sinais e com o dito dispositivo de detecção de posicionamento ou com o dito dispositivo de determinação de tempo e configurado para calcular uma razão da dita primeira parte ou da dita segunda parte com a dita uma rotação completa e determinar um volume de água cinza no dito vaso com base na dita razão e no dito ângulo do dito eixo de rotação.

26. Sistema, de acordo com a reivindicação 25, **CARACTERIZADO** por adicionalmente compreender uma memória em comunicação com o dito processador, a dita memória contendo uma curva de calibração correlacionando as razões de uma fração de submersão com respectivos volumes de água, em que o dito processador usa a dita curva de calibração para determinar o dito volume de água cinza no dito vaso com base nas ditas razões.

27. Sistema, de acordo com a reivindicação 25, **CARACTERIZADO** por adicionalmente compreender uma memória em comunicação com o dito processador, a dita memória contendo uma representação geométrica do dito vaso, em que o dito processador determina o dito volume de água cinza usando a dita representação geométrica.

28. Sistema, de acordo com a reivindicação 25, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito vaso é um tambor misturador de concreto.

29. Sistema para determinar o teor de água cinza remanescente em um vaso possuindo um volume interior e um ângulo entre um eixo de rotação do dito vaso e horizontal após uma primeira carga de cimento ter sido descarregada do dito vaso, o dito sistema sendo **CARACTERIZADO** por compreender:

um tambor misturador de concreto rotativo possuindo um volume interior;

pelo menos um sensor no dito volume interior do dito tambor misturador de

concreto rotativo e posicionado de forma que, durante uma rotação do dito tambor misturador de concreto rotativo, o pelo menos um sensor atinja separadamente tanto um estado submerso na água no dito volume interior quanto um estado não-submerso e gere um sinal indicativo de cada tal estado;

um dispositivo de determinação de posição ou um dispositivo de determinação de tempo para determinar uma fração de submersão que é a parte de uma rotação completa na qual o sensor está submerso ou a parte de uma rotação completa na qual o sensor não está submerso; e

um processador possuindo uma memória contendo instruções que, quando executadas pelo dito processador, permitem ao sistema:

determinar a fração de submersão de uma rotação do dito tambor misturador de concreto rotativo durante a qual o dito sensor está no dito estado submerso ou determinar a fração de submersão inversa de uma rotação do dito tambor misturador de concreto rotativo durante a qual o dito sensor está no dito estado não-submerso; correlacionar a fração de submersão ou fração de submersão inversa com um volume de água correspondente em um vaso que é substancialmente geometricamente similar ao dito tambor misturador de concreto; e determinar o volume de água cinza no dito tambor misturador de concreto com base na dita correlação e no ângulo entre o dito eixo de rotação do dito tambor misturador e horizontal.

30. Sistema para determinar o volume de água cinza remanescente em um vaso possuindo um volume interior e um eixo de rotação após uma primeira carga de cimento ter sido descarregada do dito vaso, o dito sistema **CARACTERIZADO** por compreender:

um motor para girar o dito vaso por pelo menos uma rotação completa de modo que o ângulo do eixo de rotação do dito vaso com respeito à horizontal possa ser determinado;

pelo menos um sensor no dito volume interior do dito vaso posicionado de modo a ser submerso na água cinza no dito vaso durante uma primeira parte da dita uma rotação completa e não submerso na água cinza no dito vaso durante uma segunda parte da dita uma rotação completa, o dito pelo menos um sensor gerando um primeiro sinal quando está submerso e um segundo sinal quando não está submerso;

um dispositivo de determinação de posicionamento ou um dispositivo de determinação de tempo para determinar uma fração de submersão que é a parte de uma rotação completa na qual o sensor está submerso ou a parte de uma rotação completa na qual o sensor não está submerso;

um processador em comunicação com o dito pelo menos um sensor para receber o dito primeiro e segundo sinais e com o dito dispositivo de detecção de posicionamento ou com o dito dispositivo de determinação de tempo e configurado para calcular uma razão da dita primeira parte ou da dita segunda parte com a dita uma rotação completa; e

uma memória em comunicação com o dito processador, a dita memória contendo uma representação geométrica do dito vaso, em que o dito processador determina o dito volume de água cinza usando a dita representação geométrica.

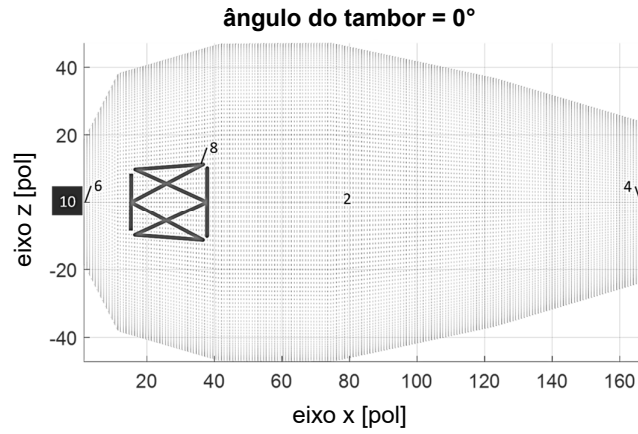


FIG. 1

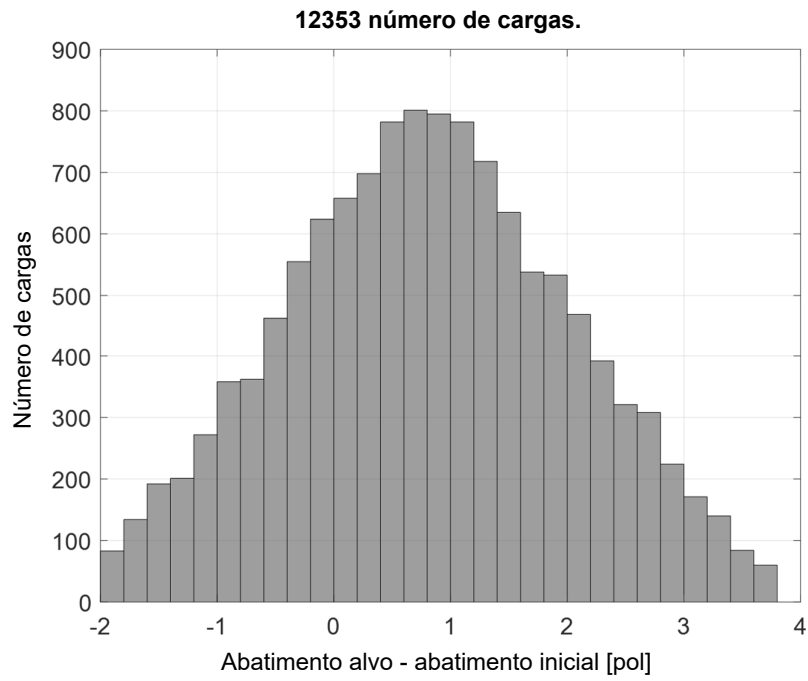
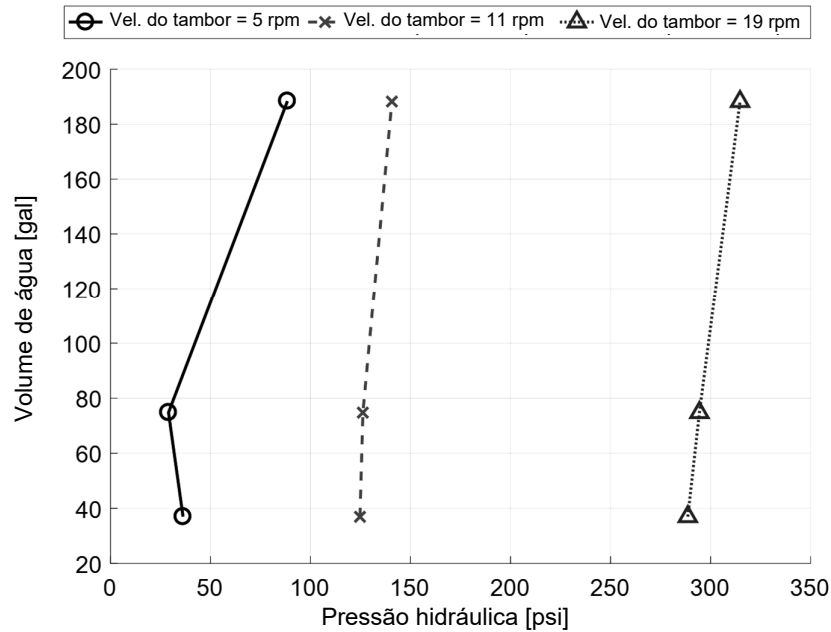
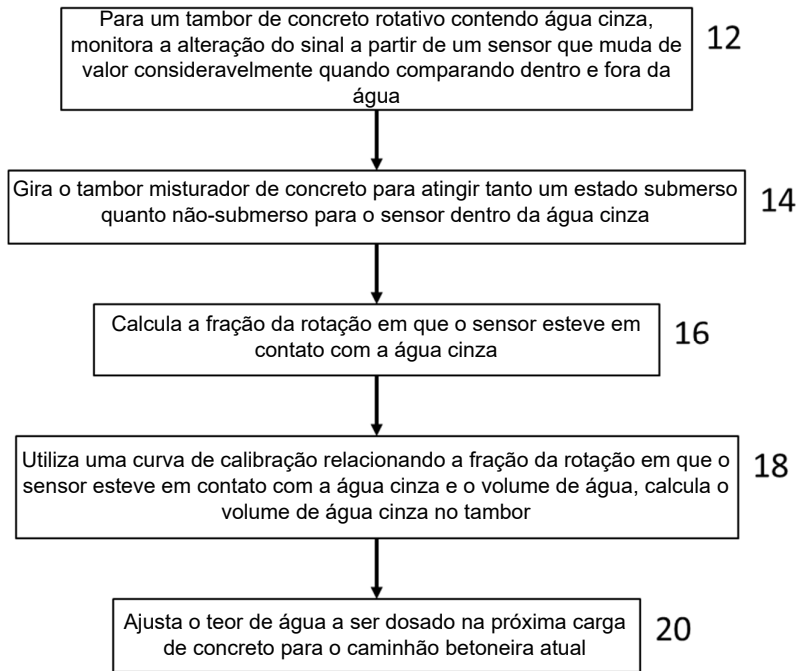


FIG. 2

**FIG. 3****FIG. 4**

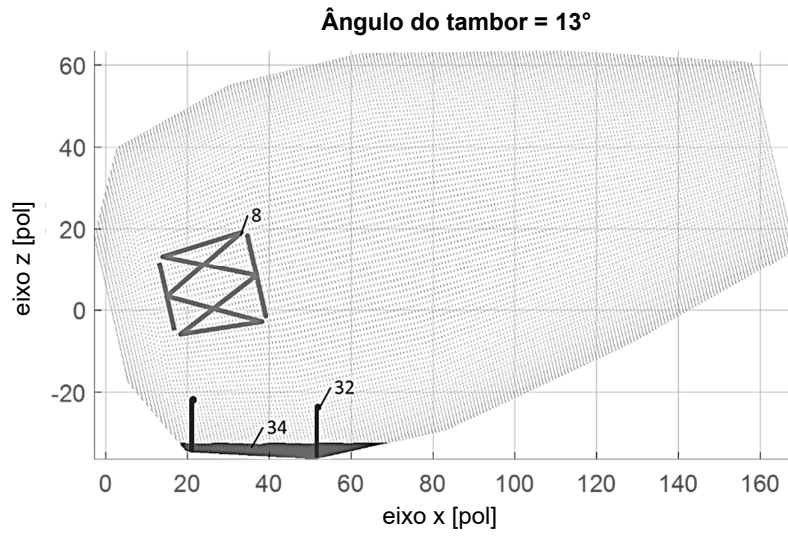


FIG. 5a

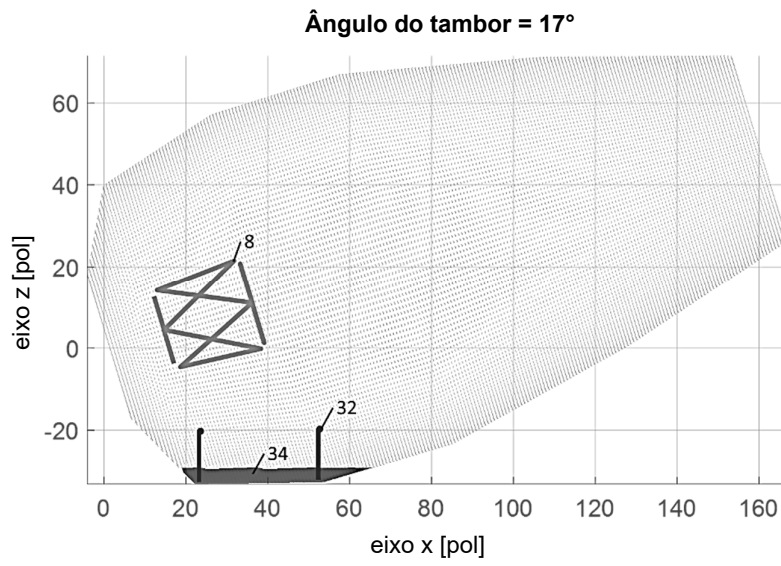


FIG. 5b

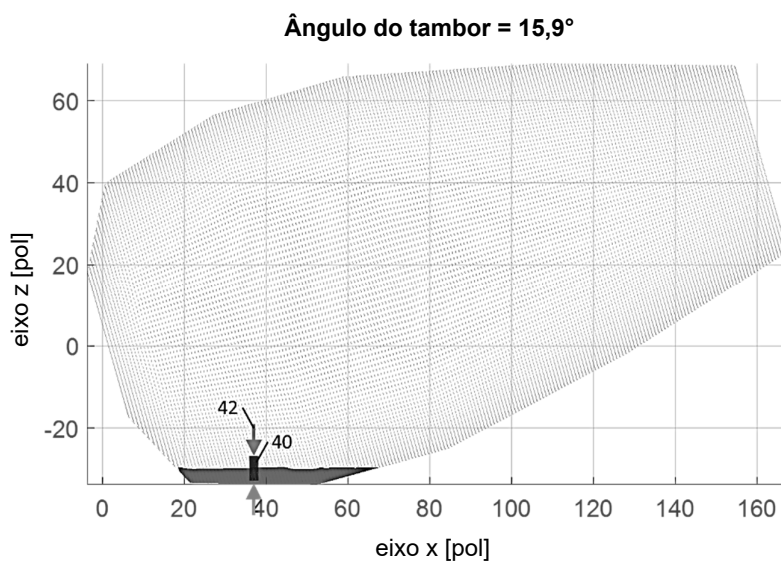


FIG. 6

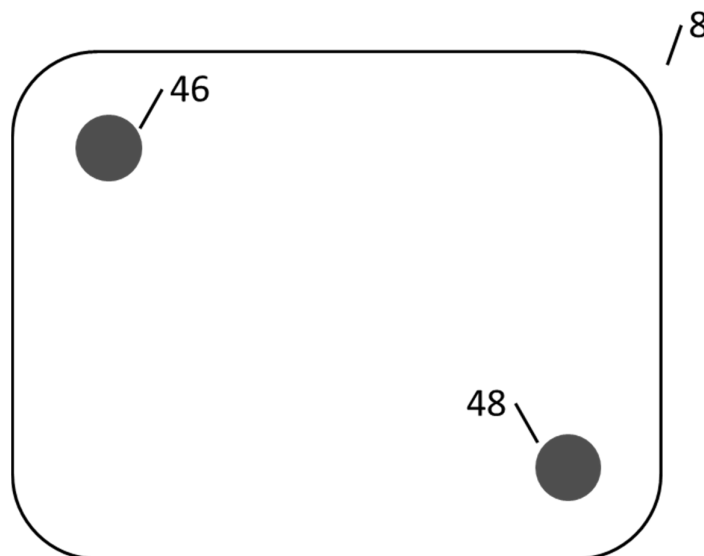


FIG. 7

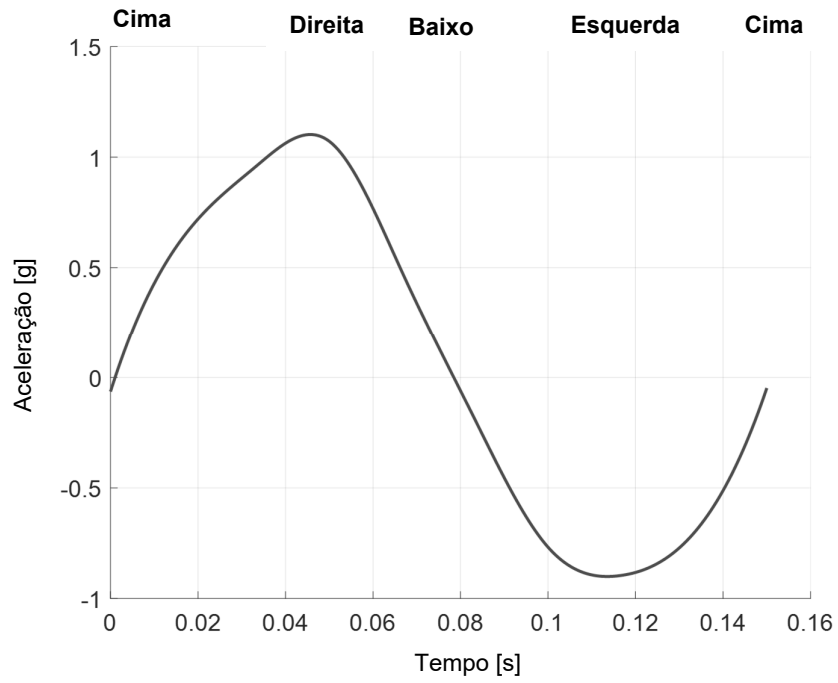


FIG. 8

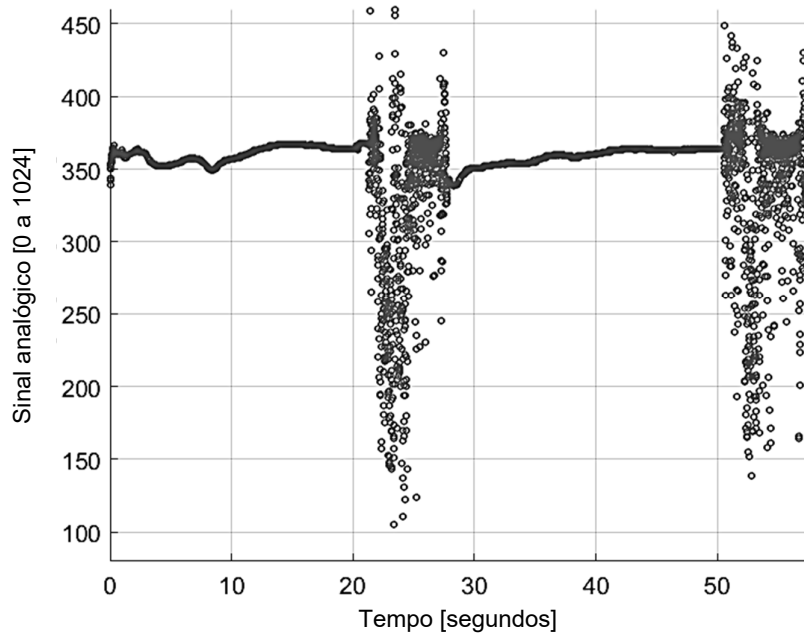
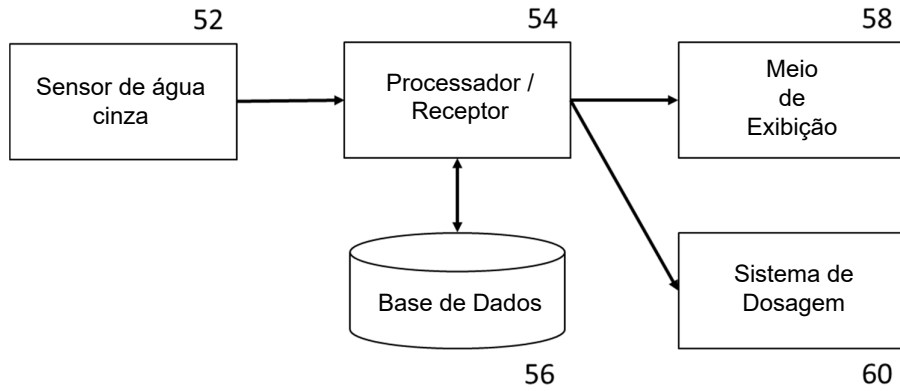
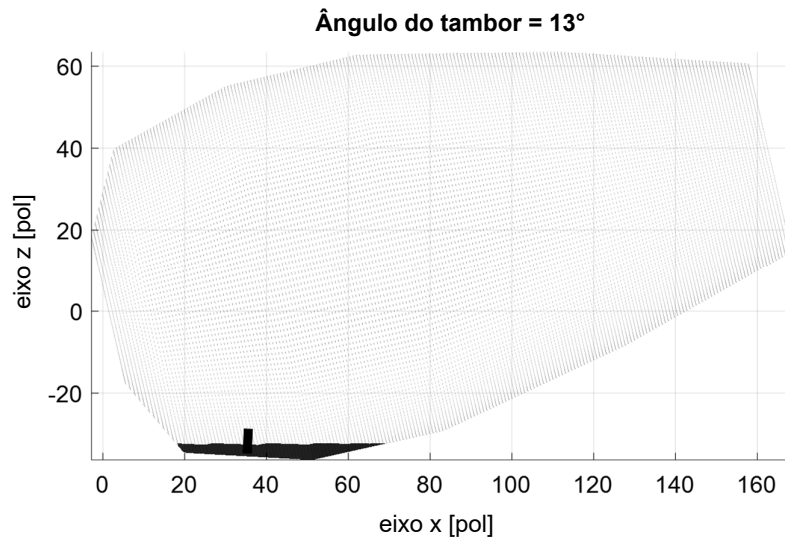
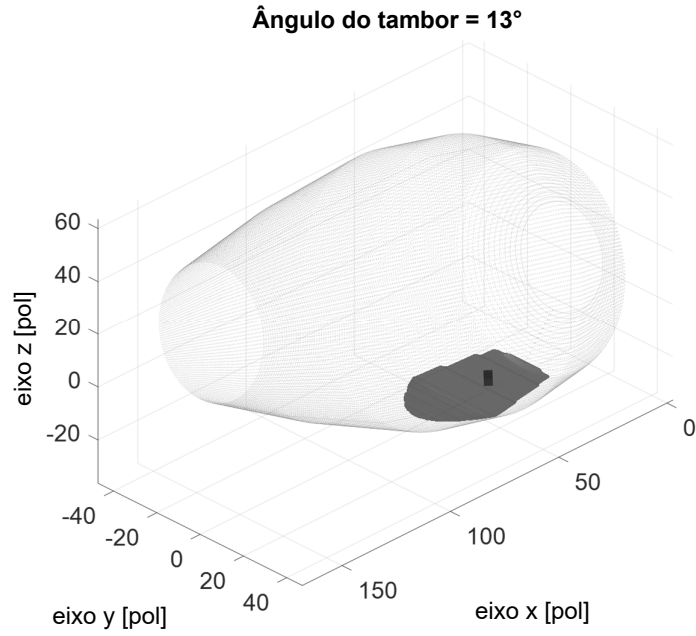
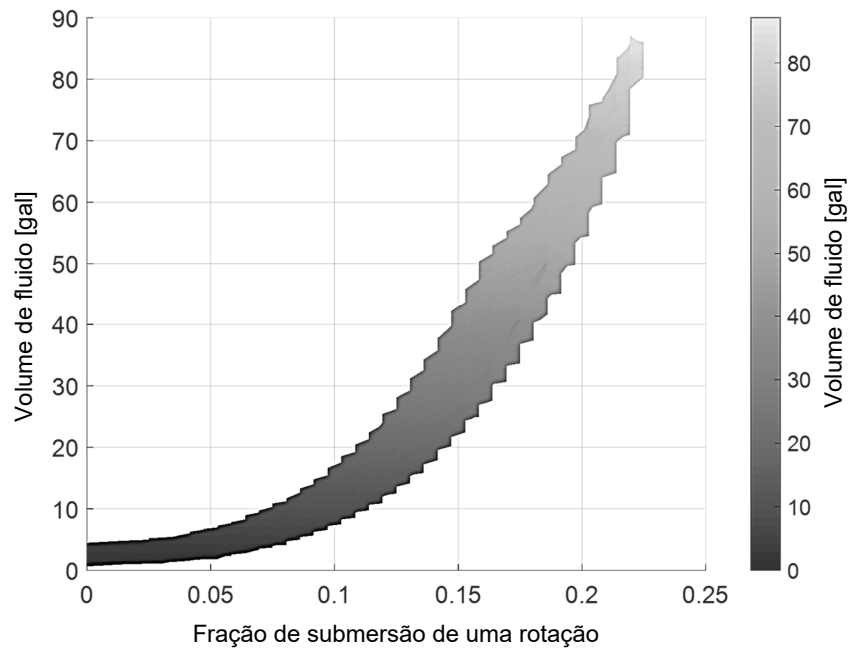
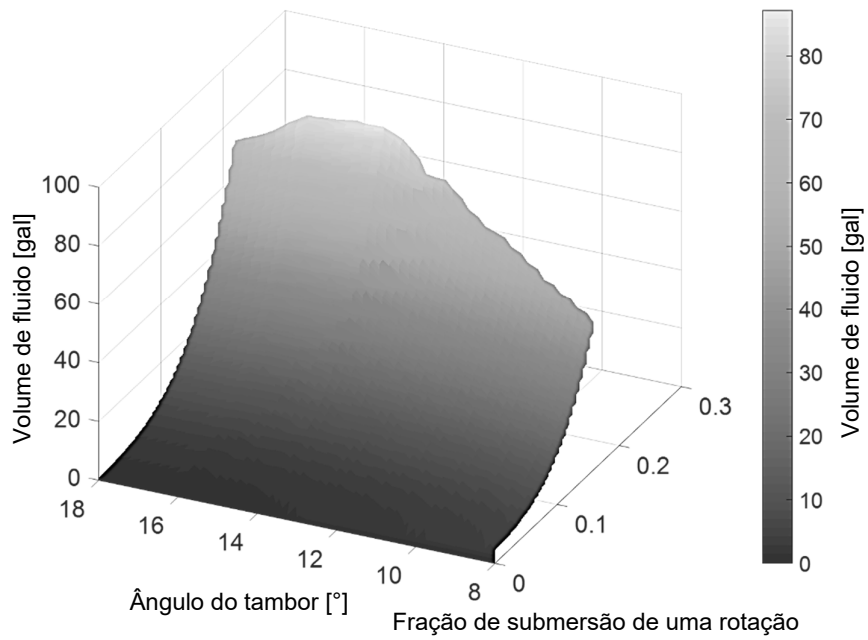
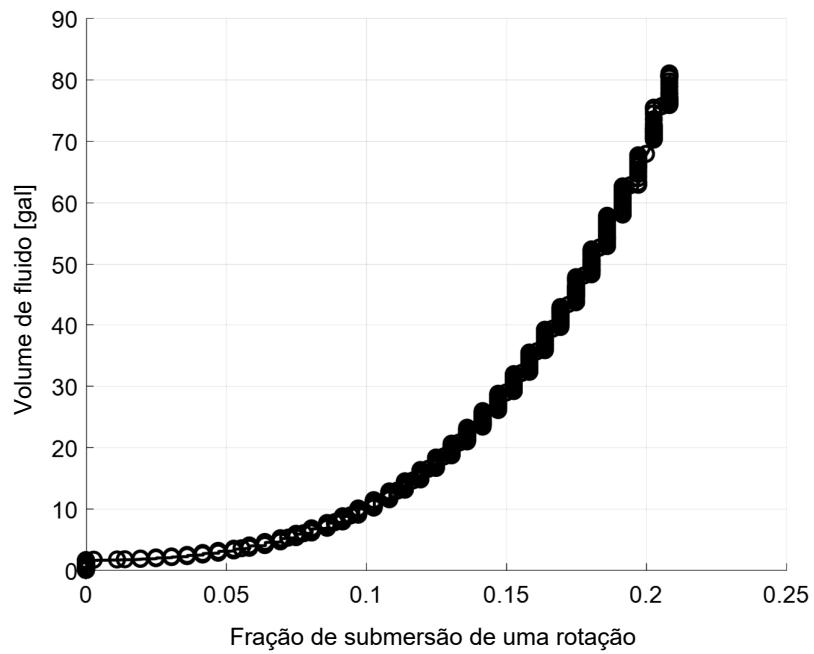
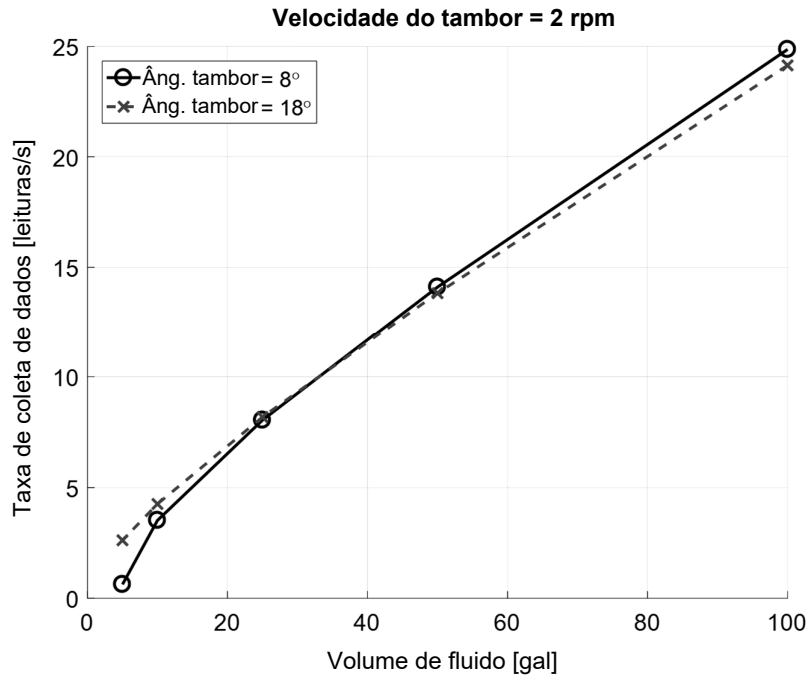
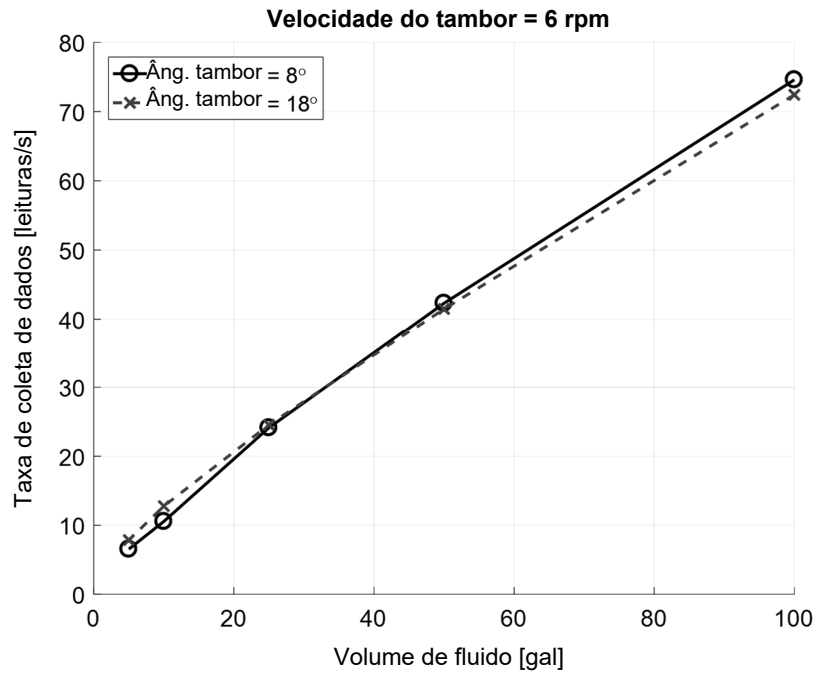


FIG. 9

**FIG. 10****FIG. 11a**

**FIG. 11b****FIG. 12a**

**FIG. 12b****FIG. 13**

**FIG. 14a****FIG. 14b**

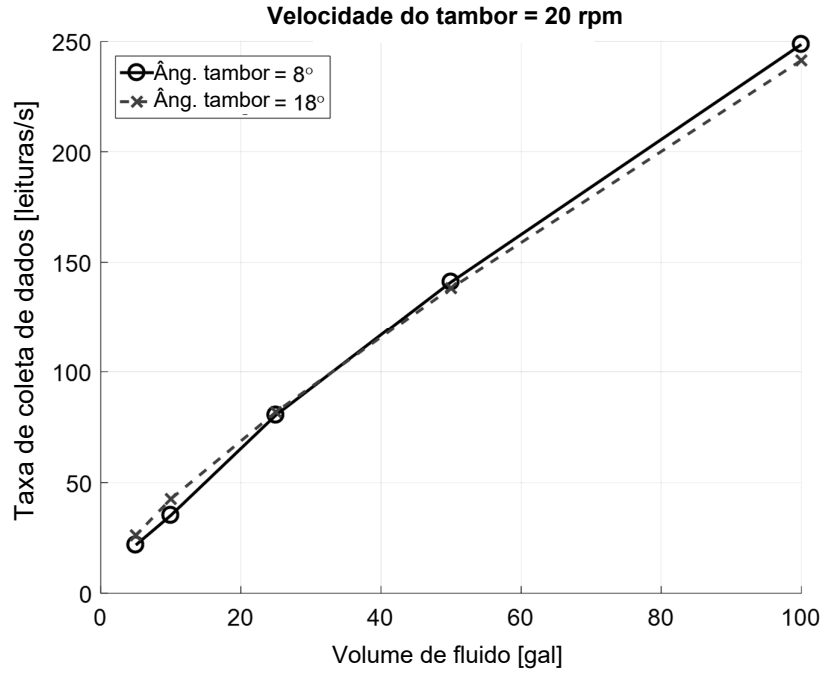


FIG. 14c

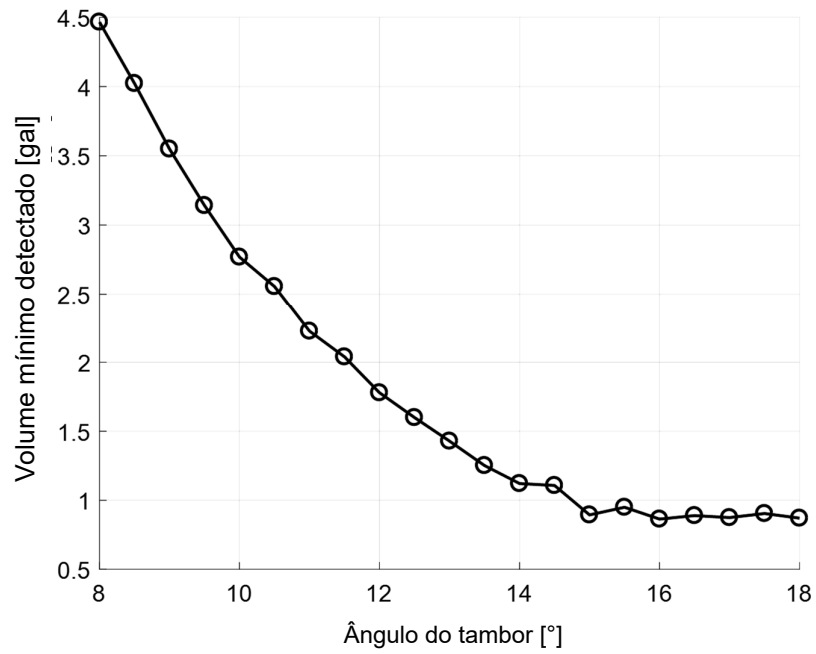


FIG. 15

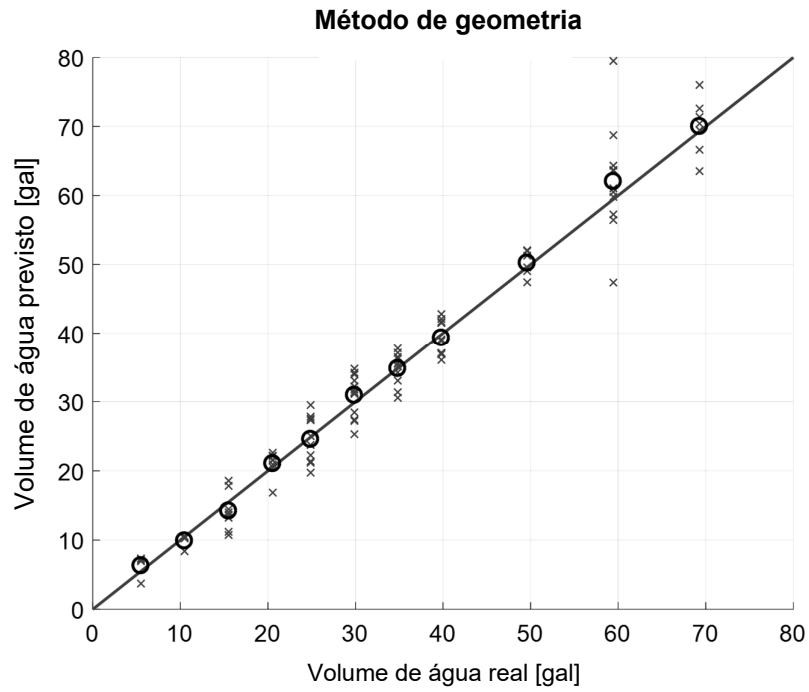


FIG. 16

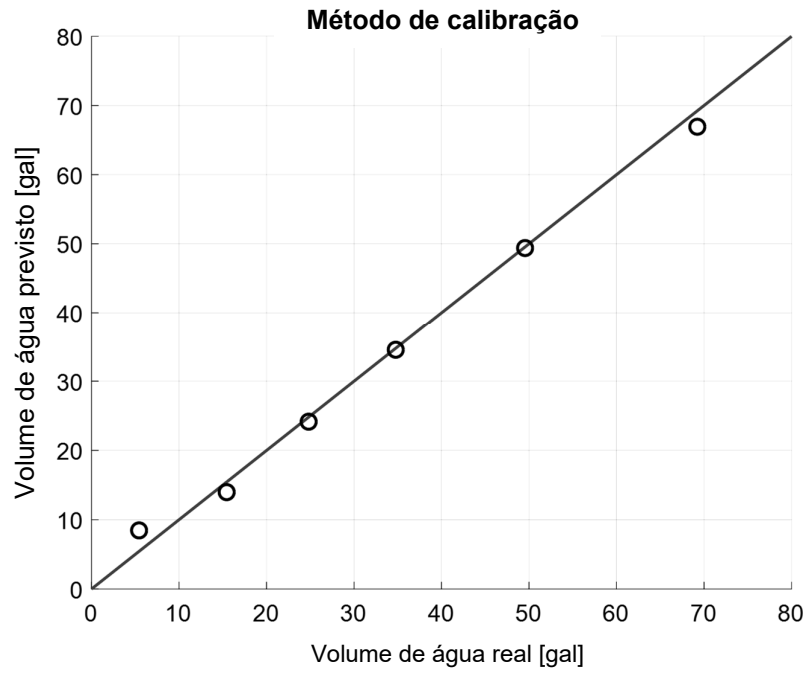


FIG. 17