Introdução

O presente trabalho busca desenvolver um código numérico utilizando linguagem C# nos moldes de uma API capaz de realizar cálculos baseando-se nos modelos de viscoelasticidade linear de Maxwell, quase-linear de Fung e não-linear de Schapery, além de gerar um arquivo externo em formato CSV com os resultados para comparar com os dados experimentais. Busca-se com este projeto auxiliar a pesquisa sobre viscoelasticidade em tecidos moles desenvolvida pelo professor Paulo Pedro Kenedi, sendo extraída desta os cálculos, rotinas e operações secundárias necessárias.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE VISCOELASTICIDADE E COMENTAR SOBRE OS MODELOS.

API, sigla para Application Programming Interface, segundo a Microsoft [1] “especifica como os componentes e sistemas de software devem interagir uns com os outros” e, segundo TechTudo [2], corresponde a um conjunto de normas que possibilitam a comunicação entre sistemas através de uma série de padrões, como SOLID, que expõe princípios de boas práticas de programação orientada a objeto (POO) de modo a tornar o código limpo, de fácil de manutenção e escalável, e protocolos, como HTTP, que determina a estrutura básica de comunicação a ser usada por aplicações WEB. Vale salientar que esse protocolo e esse padrão foram utilizados no desenvolvimento do código para este trabalho.

A linguagem C#, segundo a Microsoft [3], “é uma linguagem de programação moderna, orientada a objeto e de tipo seguro”, sendo comumente utilizada no desenvolvimento de sistemas por empresas por seu poder computacional, possuir uma vasta documentação ofertada gratuitamente pela Microsoft e por estar atrelada à metodologia ágil, que também vem sendo utilizado com frequência.

Definição das tarefas

Para o presente trabalho, alguns recursos foram adicionados ao código de modo a atender as principais necessidades da pesquisa de iniciação científica desenvolvida juntamente ao professor Paulo Pedro Kenedi. Sendo assim, a API desenvolvida possuirá os seguintes recursos separados por modelos:

* Modelo experimental.
  + Analisar e extrapolar dados experimentais.
* Modelo Linear de Viscoelasticidade (modelo de Maxwell).
  + Calcular a tensão e análise de sensibilidade das variáveis.
  + Calcular a deformação e análise de sensibilidade das variáveis.
* Modelo Quase-Linear de Viscoelasticidade (modelo de Fung).
  + Calcular a tensão e análise de sensibilidade das variáveis.
    - Considerando o tempo de rampa.
      * Viscoelasticidade somente após o tempo de rampa.
      * Viscoelasticidade atuando em todo domínio de tempo.
    - Desconsiderando o tempo de rampa com viscoelasticidade atuando em todo domínio de tempo.

Além disso, algumas operações secundárias foram implementadas para auxiliar nas tarefas, sendo elas: *SkipPoints*, responsável por diminuir a quantidade de pontos em um arquivo, sendo usada, principalmente, nos arquivos experimentais de modo a reduzir a quantidade de linhas; *GetFiles*, responsável por buscar os arquivos nas pastas onde são armazenados; e *DownloadFiles*, responsável por efetuar o download do arquivo desejado. Vale salientar que, como supracitado, por se tratar de uma *Web API*, as duas últimas operações foram desenvolvidas para permitir que, quando disponível na Web, terceiros possam ter acesso aos arquivos que contém o resultado de determinada operação, desde que estes tenham as devidas permissões.

Modelo Linear de Viscoelasticidade de Maxwell

DESCREVER COM MAIS DETALHES SOBRE MODELO DE MAXWELL.

Modelo Quase-Linear de Viscoelasticidade de Fung

Para este modelo, há 3 considerações que podem ser feitas, sendo estas: considerar o tempo de rampa e efeito viscoelástico por todo o domínio de tempo; considerar o tempo de rampa com efeito viscoelástico começando somente após este tempo; e desconsiderando o tempo de rampa com efeito viscoelástico por todo domínio de tempo. Além disso, podem ser consideradas diversas relaxações, podendo oscilar a deformação entre patamares de máximo e mínimo diversas vezes. Ademais, o arquivo de resposta possui, em um intervalo de tempo estipulado, a deformação, a resposta elástica, a função relaxação reduzida e a tensão, esta última é calculada de três maneiras diferentes seguindo o livro Fung [3]. Para tais cálculos, foram utilizadas as equações abaixo.

DEFORMAÇÃO

Para a deformação, é utilizado a equação A, usada durante a primeira relaxação, e B, usada para as demais relaxações, aqui é considerado somente as relaxações no patamar máximo de deformação, logo, é necessário reduzir a deformação a um determinado valor e depois aumentar para alcançar novamente o valor citado. Os parâmetros e representam, respectivamente, a taxa de deformação aplicada durante o experimento, sendo para o caso de aumento na deformação e para o caso de diminuição da deformação, e o tempo de rampa, além disso e representam os tempos em que a deformação é alterada, seja aumentando, diminuindo ou ficando constante.

Desse modo, pode-se calcular a derivada da deformação, que mais a frente será demonstrada sua importância ao calcular a tensão. Derivando as equações A e B, temos:

Sendo assim, a derivada somente será diferente de zero quando a deformação não for constante.

Gráfico, Gráfico de linhas

Descrição gerada automaticamente

Figura XX – Gráfico de deformação por tempo.

RESPOSTA ELÁSTICA

A resposta elástica pode ser calculada através da equação E, sendo em função da deformação, porém, como esta é em função do tempo, a resposta elástica pode ser reescrita também em função somente do tempo. Os parâmetros A e B apresentados na equação representam, respectivamente, *elastic stress constant* e *elastic stress power*. Vale salientar que mesmo que essa propriedade dependa da deformação, que para diferentes intervalos de tempo são usadas diferentes equações, pode-se usar somente a equação supracitada.

Assim como feito para a deformação, também será calculado a derivada da resposta elástica, devido ao mesmo motivo, sua importância no cálculo da tensão, sendo assim, derivando a equação E.

Para esta equação, vale a mesma consideração feita para a E, de que, mesmo tendo grandes oscilações das equações usadas para a deformação e sua derivada apresentando, é válido utilizar para fins computacionais a equação F. Porém, vale relembrar que só é diferente de zero para os casos em que a deformação não é constante, sendo assim, é somente nesses momentos em que a derivada da resposta elástica é diferente de zero.

FUNÇÃO RELAXAÇÃO REDUZIDA

A função relaxação reduzida corresponde a parcela viscosa das equações de viscoelasticidade, podendo ser escrita de duas maneiras segundo Fung [3], a primeira, equação G, é chamada de simplificada por apresentar maior facilidade de ser obtida em experimentos por ser representada por uma séria de somas de exponenciais, enquanto a segunda, equação H, foi obtida a partir de diversos cálculos matemáticos mais complexos baseados no modelo de Kelvin (*standard linear solid*). Vale ressaltar que para o presente trabalho será considerado que a equação G é composta por somente três somas de exponenciais, pois, conforme COLOCAR AQUI O MOTIVO DE ESTAR USANDO SOMENTE 3 EXPONENCIAIS.

Os parâmetros C e correspondem, respectivamente, a constante de relaxação e o tempo de relaxação, para a equação G, os índices são somente para diferenciar cara constante, enquanto para a equação H, representa o tempo de relaxação rápido e , o tempo de relaxação lendo, sendo sempre maior do que .

Ademais, a equação H, pode ser reescrita conforme abaixo.

Temos que , logo , sendo assim, pode ser reescrito como:

Além disso, temos que:

Logo:

Por fim, temos que a equação H, pode ser reescrita como:

Simplificando, temos:

Como feito nas propriedades anteriores, será calculada a derivada da função relaxação reduzida para as equações G e I.

Derivando a equação G:

Derivando a equação I:

Aplicando a definição de cálculo para derivada de uma integral determinada:

Em que:

Temos que:

Logo:

Portanto:

TENSÃO

Figura XX - Fluxograma da operação que calcula a tensão para modelo Quase-Linear de viscoelasticidade

Modelo Não-Linear de Viscoelasticidade de Schapery

Bibliografia

[1] <https://azure.microsoft.com/mediahandler/files/resourcefiles/apis-microservices-ebook/Azure_API-Microservices_eBook.pdf>

[2] <https://www.techtudo.com.br/listas/2020/06/o-que-e-api-e-para-que-serve-cinco-perguntas-e-respostas.ghtml>

[3] Livro do Fung