PROCESSO SELETIVO – 04/2023

Área de Conhecimento: Processos de Fabricação
PROVA ESCRITA – PADRÃO DE RESPOSTA

QUESTÃO 1: Descreva as componentes da força de usinagem no torneamento cilíndrico. (1,0 pt) Como podem ser calculadas as componentes da força de corte ? (1,0 pt) Como é calculada a potência requerida pelo motor de acionamento ? (0,5 pt)

Assim, é usual descrever as componentes da força de usinagem no seguinte referencial ortogonal:

- **Força de corte** F_c na direção da velocidade de corte, tangencial ao movimento de rotação da peça;
- **Força de avanço** F_f na direção da velocidade de avanço, longitudinal, paralela ao eixo de rotação; e
- **Força passiva** F_p na direção da profundidade de corte (radial).

A força de usinagem é a soma vetorial de suas componentes e descrita por:

$$\vec{\mathrm{F}}_u = \vec{\mathrm{F}}_c + \vec{\mathrm{F}}_f + \vec{\mathrm{F}}_p \qquad (7.26)$$

O processo de torneamento que mais se aproxima do corte ortogonal é aquele em que a aresta de corte é posicionada de forma a apresentar ângulo de inclinação zero ($\lambda = 0$) e ângulo de posição nulo ($\kappa_r = 0$), ou seja, a aresta de corte está alinhada com a direção radial da referência cilíndrica, como mostra a Figura 7.3.

Ao considerar o modelo de corte ortogonal, a força passiva é considerada como desprezível, com valor igual a zero. As forças de corte (F_t: tangencial) e de avanço (F_r: radial) são derivadas das Equações 7.20 e 7.21, considerando a área do cavaco A_c descrita no Capítulo 3 (Equação 3.7) para raio da ponta r_ε pequeno:

$$\mathrm{F}_c = \mathrm{F}_t = \mathrm{K}_c \mathrm{A}_c = \mathrm{K}_c f_z a_p \qquad (7.27)$$
$$\mathrm{F}_f = \mathrm{F}_r = \mathrm{K}_f \mathrm{A}_c = \mathrm{K}_f f_z a_p \qquad (7.28)$$

A potência requerida P_{req} pela máquina-ferramenta deve conside coeficiente da eficiência da máquina η_{ef} $(0 < \eta_{ef} < 1)$:

$$\mathrm{P}_{req} = \frac{\mathrm{P}_u}{\eta_{ef}}$$

Pág. 01 de 10 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00027757/2023 e o código 37XR0C9L.

Resposta: - Seção 7.3.1 pg 150 e pg. 151 equações 7.27, 7.28 e 7.35 – Bibliografia: ARAUJO, Anna Carla; MOUGO, Adriane Lopes; CAMPOS, Fábio de Oliveira. Usinagem para engenharia: um curso de mecânica de corte. Rio de Janeiro: E-Papers,2020. xxiii, 332 p. Ementa: Princípios de remoção de material na usinagem com ferramenta de geometria definida.

*O pradrão de resposta deve estar fundamentado nas bibliografias exigidas pelo Edital, para evitar problemas o professor deverá citar o capítulo/pagína do livro utilizado.

Membros da Banca:

_____ _____

Avaliador 1 (nome e assinatura) **Avaliador 2 (nome e assinatura)**

_____ _____

Avaliador 3 (nome e assinatura) **Presidente da Banca (nome e assinatura)**

Pág. 02 de 10 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00027757/2023 e o código 37XR0C9L.

PROCESSO SELETIVO – 04/2023

Área de Conhecimento: Processos de Fabricação

PROVA ESCRITA – PADRÃO DE RESPOSTA

QUESTÃO 2: O que você entende como vida da ferramenta de corte ? (1,0 ponto) Disserte sobre a equação de Taylor para a vida da ferramenta. (1,5 pontos)

10.2 Vida da Ferramenta

O tempo de vida útil da ferramenta, chamado de vida da ferramenta, é o tempo de usinagem da aresta de corte até quando a troca da aresta de corte é necessária. A troca da ferramenta de corte em um processo de usinagem deve ser realizada em duas situações distintas:

- Quando a ferramenta apresenta avarias (ou falhas) classificadas como catastróficas, ou seja, podem levar em casos mais extremos a quebra abrupta da ferramenta. Alguns exemplos: a falha por deformação plástica, o trincamento e o lascamento (perda de material por fratura).
- Quando a ferramenta apresenta desgaste excessivo ao ponto de comprometer as condições de corte e/ou o acabamento da superfície usinada. Neste cenário a ferramenta já não atende as especificações para o corte e deve ser trocada ou afiada. Os principais desgastes ocorrem na superfície de flanco e na superfície de saída da ferramenta.

Pág. 03 de 10 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00027757/2023 e o código 37XR0C9L.

esta curva é a "**Equação de Taylor Simplificada**"e é apresentada na Equação 10.9[2].

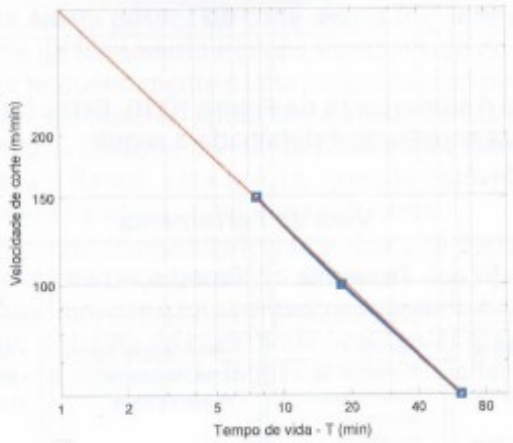


Figura 10.9: Tempo de vida em função da velocidade de corte pela equação de Taylor

$$V_c \mathbf{T}^x = C \tag{10.9}$$

As constantes x e C são são obtidas experimentalmente e são função do material da peça, material da ferramenta e das condições de corte (f, a_p e V_c). A constante x varia muito pouco para o mesmo material da ferramenta, como apresentado na Tabela 10.2, enquanto C depende das outras condições e representa a velocidade de corte que resulta quando **T**=1min. Deste modo, C tem a mesma unidade de V_c (m/min).

Para o valor do tempo **T** ser expresso em min, é necessário adicionar ao lado direito da equação de Taylor o tempo de referência $\mathbf{T}_{ref}$, que será sempre igual a 1 minuto (ou 60 segundos, dependendo da unidade de V_c). Deste modo, a equação de Taylor pode ser escrita como:

$$V_c \mathbf{T}^x = C(\mathbf{T}^x_{ref}) \tag{10.10}$$

Resposta: - Seção 10.2 pg 211, 10.2.4, pg 217. Bibliografia: ARAUJO, Anna Carla; MOUGO, Adriane Lopes; CAMPOS, Fábio de Oliveira. Usinagem para engenharia: um curso de mecânica de corte. Rio de Janeiro: E-Papers,2020. xxiii, 332 p. Ementa: Princípios de remoção de material na usinagem com ferramenta de geometria definida.

*O pradrão de resposta deve estar fundamentado nas bibliografias exigidas pelo Edital, para evitar problemas o professor deverá citar o capítulo/pagína do livro utilizado.

Membros da Banca:

_____	_____
Avaliador 1 (nome e assinatura)	**Avaliador 2 (nome e assinatura)**
_____	_____
Avaliador 3 (nome e assinatura)	**Presidente da Banca (nome e assinatura)**

Pág. 04 de 10 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00027757/2023 e o código 37XR0C9L.

PROCESSO SELETIVO – 04/2023

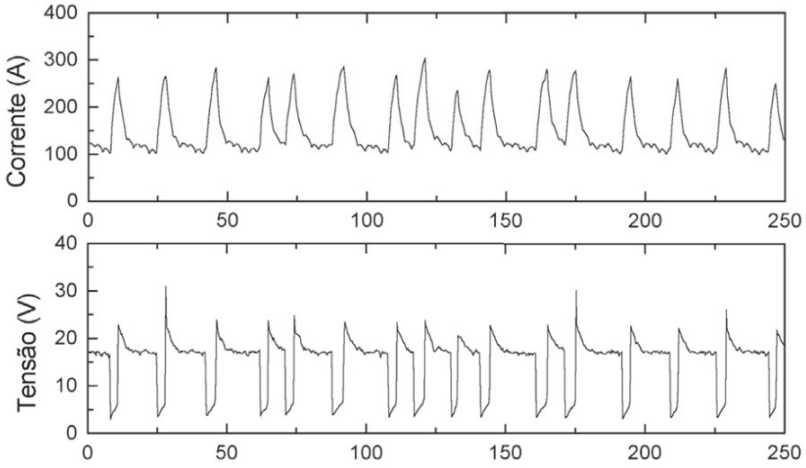
Área de Conhecimento: Processos de Fabricação

PROVA ESCRITA – PADRÃO DE RESPOSTA

QUESTÃO 3: Em relação ao processo de soldagem MIG/MAG responda as questões abaixo:

- Disserte a respeito dos principais fundamentos deste processo de soldagem; (2p.)

- Que tipo de transferência metálica indicam os oscilogramas de tensão e corrente abaixo, obtidos durante a soldagem MIG/MAG? Explique. (1p.)



A soldagem a arco com proteção gasosa (Gas Metal Arc Welding – GMAW) é um processo em que a união de peças metálicas é produzida pelo aquecimento destas com um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico nu, consumível, e a peça de trabalho. A proteção do arco e da região da solda contra contaminação pela atmosfera é feita por um gás ou mistura de gases, que podem ser inertes ou ativos. O processo é conhecido também como MIG (Metal Inert Gas) quando a proteção usada é inerte ou rica em gases inertes ou MAG (Metal Active Gas) quando o gás usado é ativo ou contém misturas ricas em gases ativos. A Figura 15.1 ilustra esquematicamente o processo.

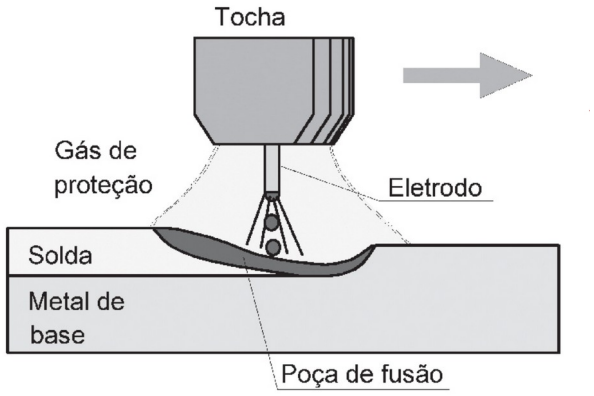


Figura 15.1 Soldagem MIG/MAG (esquemática).

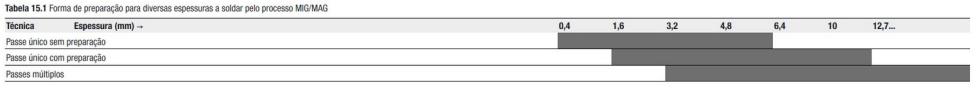
Pág. 05 de 10 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00027757/2023 e o código 37XR0C9L.

Na soldagem MIG/MAG a alimentação de arame eletrodo é feita mecanicamente, através de um alimentador motorizado, e o soldador é responsável pela iniciação e interrupção da soldagem, além de mover a tocha ao longo da junta. A manutenção do arco é garantida pela alimentação contínua do arame eletrodo, e o comprimento do arco é, em princípio, mantido aproximadamente constante pelo próprio sistema, independentemente dos movimentos do soldador, dentro de certos limites, nos sistemas mais comuns usados com este processo.

O calor gerado pelo arco é usado para fundir as peças a serem unidas e o arame eletrodo, que é transferido para a junta e constitui o metal de adição.

A soldagem MIG/MAG pode ser usada em materiais numa ampla faixa de espessura, como mostra a Tabela 15.1, tanto em metais ferrosos como não ferrosos. O diâmetro dos eletrodos usados varia normalmente entre 0,8 e 2,4 mm. O processo MAG é utilizado apenas na soldagem de materiais ferrosos, tendo como gás de proteção o CO2 ou misturas ricas neste gás, enquanto a soldagem MIG pode ser usada tanto na soldagem de ferrosos quanto de não ferrosos, como alumínio, cobre, magnésio, níquel e suas ligas.

Tabela 15.1 Forma de preparação para diversas espessuras a soldar pelo processo MIG/MAG



A soldagem MIG/MAG tem sido usada na fabricação e manutenção de equipamentos e peças metálicas, na recuperação de peças desgastadas e no recobrimento de superfícies metálicas com materiais especiais.

De um modo geral, pode-se dizer que as principais vantagens da soldagem MIG/MAG quando comparada à soldagem com eletrodos revestidos são: alta taxa de deposição e alto fator de ocupação do soldador, grande versatilidade quanto ao tipo de material e espessuras aplicáveis, não existência de fluxos de soldagem e, consequentemente, ausência de operações de remoção de escória e limpeza e exigência de menor habilidade do soldador.

A principal limitação da soldagem MIG/MAG é a sua maior sensibilidade à variação dos parâmetros elétricos de operação do arco de soldagem, que influenciam diretamente na qualidade do cordão de solda depositado, além da necessidade de um ajuste rigoroso de parâmetros para se obter um determinado conjunto de características para o cordão de solda. A determinação destes parâmetros é dificultada pela forte interdependência destes e por sua influência no resultado final da operação. O maior custo do equipamento, a maior necessidade de manutenção deste, em comparação com o equipamento para soldagem com eletrodos revestidos, e a menor variedade de consumíveis são outras limitações deste processo.

A soldagem MIG/MAG, assim como a soldagem com arame tubular (FCAW), que será estudada mais adiante, têm sido as que apresentaram um maior crescimento em termos de utilização, nos últimos anos, em escala mundial. Este crescimento ocorre principalmente devido à tendência em substituir, sempre que possível, a soldagem manual por processos mecanizados, para a obtenção de maior produtividade durante a soldagem. Estes processos têm se mostrado os mais adequados, dentre os processos de soldagem a arco, soldagem semiautomática e soldagem com utilização de robôs.

Na soldagem com eletrodos consumíveis, o metal fundido na ponta do eletrodo tem que se transferir para a poça de fusão. O modo de ocorrência desta transferência é muito importante em todos os processos de soldagem, em especial na soldagem MIG/MAG, pois afeta muitas características do processo, como: a estabilidade do arco, a quantidade de gases (principalmente hidrogênio, nitrogênio e oxigênio) absorvida pelo metal fundido, a aplicabilidade do processo em determinadas posições de soldagem e o nível de respingos gerados. De uma forma simplificada, pode-se considerar que existem quatro formas básicas de transferência de metal de adição do eletrodo para a peça: transferência por curto-circuito, transferência globular, transferência por spray ou aerosol e transferência controlada. Estudos feitos com o uso de câmeras filmadoras e sistemas de aquisição de dados de alta velocidade têm

Pág. 06 de 10 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00027757/2023 e o código 37XR0C9L.

sido feitos e mostram que diversas outras formas de transferência podem ocorrer, dependendo do material, do gás proteção e dos parâmetros de soldagem. A seguir, os quatro modos principais transferência de metal do eletrodo para a peça serão apresentados de forma simplificada.

A transferência por curto-circuito ocorre quando se usam baixos valores de tensão e corrente e é o modo normalmente usado para soldagem fora de posição (posições diferentes da posição plana) ou na união de peças de pequena espessura, quando baixa energia de soldagem é necessária. Uma gota de metal se forma na ponta do eletrodo e vai aumentando de diâmetro, até tocar na poça de fusão, sendo rapidamente atraída para esta, como consequência da ação da tensão superficial. Este modo de transferência caracteriza-se por uma grande instabilidade no arco, podendo apresentar a formação intensa de respingos. Entretanto, a quantidade de respingos pode ser limitada pela seleção adequada de parâmetros de soldagem e ajuste da indutância na fonte de energia, de forma que os curtos-circuitos ocorram de forma suave, com um valor máximo de corrente durante o curto-circuito limitado e de modo que a ponta do eletrodo fique parcialmente mergulhada na cratera da poça de fusão. A Figura 15.2A mostra a formação e transferência de uma gota metálica e a parte B mostra variações típicas da tensão e da corrente de soldagem de uma sequência de curto-circuitos. De um modo geral, a estabilidade do arco e do processo aumenta com a frequência de curto-circuito, até certo limite.

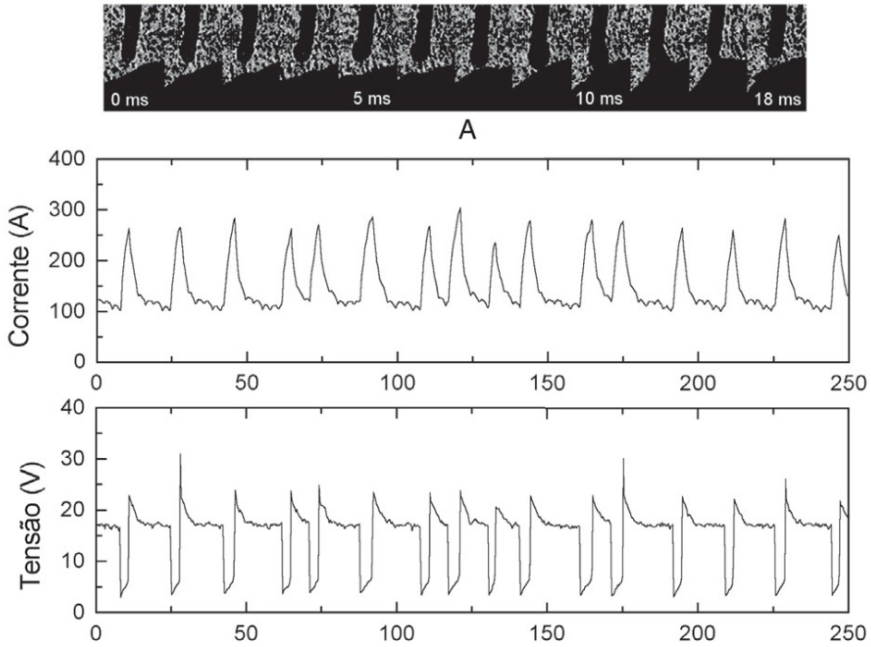


Figura 15.2 A – Transferência por curto-circuito; e B – variação da corrente e tensão de soldagem durante o processo.

Resposta: PÁGINAS: 216 A 223. CAPÍTULO 15. Soldagem MIG/MAG e com Arame Tubular. A. SOLDAGEM MIG/MAG. 15.1 Fundamentos. Bibliografia: MARQUES, Paulo Villani. **Soldagem fundamentos e tecnologia**. 4. Rio de Janeiro. GEN LTC 2016 1 recurso online ISBN 9788595156067. Ementa: Processos e equipamentos de soldagem.

*O pradrão de resposta deve estar fundamentado nas bibliografias exigidas pelo Edital, para evitar problemas o professor deverá citar o capítulo/pagína do livro utilizado.

Pág. 07 de 10 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00027757/2023 e o código 37XR0C9L.

Membros da Banca:

Avaliador 1 (nome e assinatura)	**Avaliador 2 (nome e assinatura)**
Avaliador 3 (nome e assinatura)	**Presidente da Banca (nome e assinatura)**

PROCESSO SELETIVO – 04/2023

Área de Conhecimento: Processos de Fabricação

PROVA ESCRITA – PADRÃO DE RESPOSTA

QUESTÃO 4: Disserte a respeito das trincas a frio na soldagem. (2p.)

A fissuração pelo hidrogênio, também denominada de fissuração a frio, é considerada um dos mecanismos de formação de trincas mais comuns em aços-carbono e de baixa e média-liga, particularmente aqueles que são temperáveis (isto é, em que ocorre a formação de martensita) durante a soldagem. Este tipo de trinca ocorre principalmente na ZTA (na região de crescimento de grão), podendo ocorrer também na ZF de aços de maior resistência mecânica. A trinca aparece certo tempo após a soldagem (o que pode ser até várias horas) e cresce lentamente, podendo levar até cerca de dois dias para o seu completo desenvolvimento. Desta forma, uma inspeção, realizada logo após a soldagem, pode falhar em detectar a sua presença.

Quatro fatores são considerados fundamentais para o aparecimento desta forma de fissuração:

Presença de hidrogênio: Este elemento pode ser absorvido pela poça de fusão e incorporado à solda a partir de material orgânico ou de umidade existentes nos consumíveis de soldagem ou na superfície da junta.

Microestrutura sensível: A fragilização ocasionada pelo hidrogênio é mais perniciosa quando a microestrutura é de baixa tenacidade e elevada dureza, destacando-se, neste sentido, a presença de martensita. Assim, condições de soldagem que favorecem o desenvolvimento de velocidades elevadas de resfriamento (por exemplo, a soldagem de juntas de grande espessura e o uso de uma baixa energia de soldagem) facilitam a fissuração e, no mesmo contexto, a soldagem de aços de maior temperabilidade é, também, mais crítica. Neste sentido, é comum o uso de fórmulas de "carbono equivalente" para estimar a sensibilidade do aço à fissuração. Por exemplo, considerando a fórmula a seguir, em que se considera os teores (em % peso) dos elementos de um aço-carbono ou de baixa-liga, quando CE < 0,40, o material é considerado muito pouco sensível à fissuração e, quando CE > 0,60, o material é considerado altamente sensível.

$$CE = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Mo}{4} + \frac{\%Cr}{5} + \frac{\%Ni}{15} + \frac{\%Cu}{15} + \frac{\%P}{3} \qquad (6.6)$$

Pág. 08 de 10 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00027757/2023 e o código 37XR0C9L.

Elevada solicitação mecânica: A ocorrência destas e de outras formas de fissuração é facilitada por quaisquer fatores que aumentem a intensidade da solicitação mecânica na região sensível ao problema. Assim, a soldagem de peças de maior espessura, com menor facilidade de se deformar, ou de peças presas em dispositivos de fixação para minimizar a distorção tende a ser mais sensível à fissuração do que a soldagem naqueles casos em que as solicitações mecânicas são mais facilmente acomodadas.

Temperatura: A fissuração pelo hidrogênio ocorre entre cerca de 100 e 200°C. Assim, a manutenção da solda acima desta faixa de temperatura por um período adequado de tempo pode permitir a difusão do hidrogênio para fora da junta e, desta forma, reduzir a chance de formação de trincas.

Resposta: PÁGINAS: 68. CAPÍTULO 6. Fundamentos da Metalurgia da Soldagem. 6.7 Descontinuidades comuns em soldas. 6.7.2 Descontinuidades estruturais. 6.7.2.7 Trincas.
Bibliografia: MARQUES, Paulo Villani. **Soldagem fundamentos e tecnologia**. 4. Rio de Janeiro. GEN LTC 2016 1 recurso online ISBN 9788595156067.
Ementa: Metalurgia de soldagem.

*O pradrão de resposta deve estar fundamentado nas bibliografias exigidas pelo Edital, para evitar problemas o professor deverá citar o capítulo/pagína do livro utilizado.

Membros da Banca:

_____ _____

Avaliador 1 (nome e assinatura) **Avaliador 2 (nome e assinatura)**

_____ _____

Avaliador 3 (nome e assinatura) **Presidente da Banca (nome e assinatura)**

Pág. 09 de 10 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00027757/2023 e o código 37XR0C9L.

Pág. 10 de 10 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00027757/2023 e o código 37XR0C9L.

Assinaturas do documento

Código para verificação: **37XR0C9L**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:

JOEL MARTINS CRICHIGNO FILHO (CPF: 000.XXX.417-XX) em 10/07/2023 às 08:24:32
Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:38:43 e válido até 30/03/2118 - 12:38:43.
(Assinatura do sistema)

ATHOS HENRIQUE PLAINE (CPF: 363.XXX.808-XX) em 10/07/2023 às 08:31:56
Emitido por: "SGP-e", emitido em 16/04/2019 - 16:13:58 e válido até 16/04/2119 - 16:13:58.
(Assinatura do sistema)

OSCAR KHOITI UENO (CPF: 049.XXX.058-XX) em 10/07/2023 às 08:37:23
Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:46:31 e válido até 30/03/2118 - 12:46:31.
(Assinatura do sistema)

DANIELLE BOND (CPF: 803.XXX.119-XX) em 10/07/2023 às 10:27:20
Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:42:02 e válido até 30/03/2118 - 12:42:02.
(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/VURFU0NfMTIwMjJfMDAwMjc3NTdfMjc3ODBfMjAyM18zN1hSMEM5TA== ou o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo **UDESC 00027757/2023** e o código **37XR0C9L** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.