

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA CURSO DE
APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DE NÁUTICA APNT - 01/2012

BRUNO LUIZ MONTEIRO MARTINS



A INFLUÊNCIA DAS ATIVIDADES SOLARES NAS PLATAFORMAS
SEMI-SUBMERSÍVEIS DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

RIO DE JANEIRO-RJ

2012

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA

**A INFLUÊNCIA DAS ATIVIDADES SOLARES NAS PLATAFORMAS
SEMI-SUBMERSÍVEIS DE POSICIONAMENTO DINÂMICO**

Monografia apresentada pelo aluno **Bruno Luiz Monteiro Martins** como exigência do curso de **Aperfeiçoamento de Oficiais de Náutica** do Ciaga - **Centro de Instrução Almirante Graça Aranha** sob a orientação do professor **Paulo Roberto Valgas Lobo**

RIO DE JANEIRO

2012

A INFLUÊNCIA DAS ATIVIDADES SOLARES NAS PLATAFORMAS SEMI-SUBMERSÍVEIS DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

BRUNO LUIZ MONTEIRO MARTINS

Aprovada em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Nome Completo (orientador)

Titulação-Instituição

Nome Completo

Titulação-Instituição

Nome Completo

Titulação-Instituição

CONCEITO FINAL: _____

DEDICATÓRIA

Dedico essa monografia a minha querida e eterna Martha, que conheci na Escola de Oficiais da Marinha Mercante em 2001. Desde então, estivemos juntos, nos casamos em 2007 e dolorosamente Deus a levou para os seus braços no ano passado. Obrigado por ter sido minha fonte de inspiração e apoio durante aqueles 10 anos maravilhosos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, através do Senhor Jesus Cristo, pois mesmo sem compreendê-lo, tenho plena convicção de que nada teria alcançado sem Ele.

A minha mãe que merece todo o meu amor e respeito, a qual criou sozinha a mim e meus dois irmãos após a morte do meu pai quando éramos ainda crianças.

A minha família que sempre foi fundamental à minha vida e que foi meu chão quando eu o perdi.

A minha querida namorada Fernanda por ter colocado novamente o sorriso no meu rosto, por ser amiga, companheira, amável e por caminhar ao meu lado nessa nova jornada.

Aos meus amigos que se fizeram conhecer nos momentos de dor e quando mais precisei deles.

Ao Sérgio Simões, inspetor de DP da Petrobras, e ao advogado Joe Júnior, por terem me ajudado na coleta de informações para esse trabalho.

Ao Prof.º Valgas Lobo, que me orientou durante esse período.

EPÍGRAFE

“Não deixe para amanhã o que pode ser feito hoje”

Anônimo

A influência das atividades solares nas plataformas semi-submersíveis de posicionamento dinâmico

Bruno Luiz Monteiro Martins¹

RESUMO

Durante anos, o Sol e suas atividades foram objetos de estudo por vários institutos espaciais. Atualmente, devido ao avanço tecnológico e a disseminação de informações, podemos encontrar receptores de Sistema de Posicionamento Global (GPS) inclusive em pequenas embarcações ao redor do Planeta e não somente naquelas de grande porte. O sistema de Posicionamento Dinâmico (DP) em embarcações gerou precisão e otimização operacional às empresas marítimas, sejam elas voltadas a navegação ou a serviços relacionados ao petróleo e gás. Serão analisadas as atividades solares, tais como erupções e explosões solares, tempestades magnéticas, cintilação ionosférica e seus efeitos nos sistemas DP, com ênfase nas plataformas semi-submersíveis de perfuração de poços de petróleo em alto mar. Será destacada a importância da atenção que o operador de posicionamento dinâmico deve dar ao assunto, que advêm do conhecimento dos eventos solares, de forma a antecipar-se a fim de manter o seu estado operacional seguro à tripulação, embarcação e ao meio ambiente. Conhecer e preparar-se para situações de cintilação ionosférica pode ser a diferença entre eficiência e a ineficiência do operador quando o evento ocorrer, a fim de evitarem-se incidentes ou mesmo acidentes de grandes proporções.

Palavras-chaves: atividades solares, cintilação ionosférica, Sistema de Posicionamento Dinâmico (SPD), Sistema de Posicionamento Global (GPS)

¹ 1º Oficial de Náutica da Marinha Mercante formado pela EFOMM-RJ em 2004; Imediato da Plataforma Semi-submersível West Orion na empresa Seadrill Serviços de Petróleo LTDA

ABSTRACT

During several years, the Sun and its activities were the subject of study by several space institutes. Currently due to the technological advancement and dissemination of information, we can find Global Positioning System (GPS) receivers even in small boats around the Planet and not only on those large ones. The Dynamic Positioning System (DP) on the vessels generated accuracy and operational optimization to the shipping companies, whether directed navigation or service related to oil and gas. It will be analyzed the solar activities such as eruption and solar explosions, magnetic storms, ionospheric scintillation and its effects on the DP systems, with emphasis on the oil offshore semi-submersible drilling rigs. It will be highlighted the importance of the dynamic positioning operator must give to the subject, which arise from the knowledge of solar effects, in order to anticipate to keep her safe operational state to the crew, the vessel and the environment . Knowing and preparing for the ionosphere scintillation can be the difference between the operator's efficiency and inefficiency when the event occurs in order to avoid incidents or even major accidents.

Keywords: solar activity, ionospheric scintillation, Dynamic Positioning System (DPS), Global Positioning System (GPS)

LISTA DE ABREVIATURAS

GPS – Global Positioning System

DP – Dynamic Positioning

DGPS – Differential GPS

INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

SDO-HMI – Solar Dynamics Observatory – Helioseismic and Magnetic Imager

NASA – National Aeronautics and Space Administration

SWPC – Space Weather Prediction Center

GNSS – Global Navigation Satellite System

DGNSS – Differential GNSS

MF – Medium Frequency

HF – High Frequency

UHF – Ultra High Frequency

VHF – Very High Frequency

MHz – Mega Hertz

GHz – Giga Hertz

PRN – Pseudo Random Noise

DPO – Dynamic Positioning Operator

NSPO – National Space Organization

GLONASS – Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema

SPR – Sistema de Posição e Referência

MRU – Motion Relative Unit

DoD – United States Department of Defense

IALA – International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities

SBAS – Satellite Based Augmentation System

WAAS – Wide Area Augmentation System

EGNOS – European Geostationary Navigation Overlay Service

MSAS – Multi-function Satellite Augmentation System

GAGAN – GPS-aided Geo-augmented Navigation

IMO – International Maritime Organization

OIM – Offshore Installation Manager

WSGO – Well Specific Operation Guide

BOP – Blowout Preventer

LMRP – Lower Marine Riser Package

DPS – Differential Positioning Sensor

EPE – Estimated Position Error

DQI – Differential Quality Indicator

LBL – Long Base Line

SSBL – Super Short Base Line

HIPAP – High Precision Acoustic Positioning

ROV – Remotely Operated Vehicle

HPR – Hydroacoustic Position Reference

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 1 – O Sol	15
1.1 – O Sol e a humanidade	15
1.2 – Uma visão técnica do Sol	17
CAPÍTULO 2 – As atividades solares	21
2.1 – Manchas Solares	23
2.2 – Erupções e Explosões Solares	25
2.3 – Vento Solar	27
2.4 – Magnetosfera da Terra	28
CAPÍTULO 3 – A ionosfera e sua interface com o Sistema de Posicionamento Dinâmico nas plataformas semi-submersíveis	31
3.1 – A Ionosfera	31
3.2 – Cintilação Ionosférica	33
CAPÍTULO 4 – O GNSS e o Sistema DP	37
4.1 – O Sistema de Posicionamento Global	38
4.1.1 – Visão geral do Sistema	38
4.1.2 – O DGPS	41
4.1.2.1 – A responsabilidade pela correção do sinal diferencial	43
CAPÍTULO 5 – Recomendações ao operador DP	45

5.1 – A importância do DP em uma plataforma de perfuração	45
5.2 – Procedimentos	46
5.2.1 – Monitoramento das atividades solares	47
5.2.1.2 – Monitoramento do DPS	48
5.3 – Operando o DP	52
5.3.1 – Redução do peso do GPS	54
5.3.2 – Operações críticas	55
CONCLUSÃO	56
Referências bibliográficas	57
Lista de Anexos	59

INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico tem levado grande benefício à humanidade gerando equipamentos de alta precisão e otimizando resultados às empresas, sejam elas marítimas ou não. Há poucas décadas atrás, navegava-se por meio dos astros celestes e eles eram ainda utilizados para determinar os erros e desvios das agulhas giroscópicas a bordo das embarcações. Esta atividade era mais evidente quando navegando em longo curso ou mesmo afastada da costa, de forma a impossibilitar o uso de marcações visuais de pontos conhecidos em terra.

De fato, a utilização dos astros é fundamental a navegação, entretanto, atualmente utilizam-se os satélites com maior frequência, através dos receptores GPS. A utilização dos satélites lançados pelo homem na órbita da Terra proporcionou vários benefícios à segurança operacional das empresas marítimas, principalmente com sua utilização nos Sistemas de Posicionamento Dinâmico em embarcações.

Devido à crescente e contínua demanda de petróleo pela humanidade foi-se necessário buscar novos poços de petróleo, os quais começaram a ser encontrados no mar e não somente em terra. Com isso, constatou-se que para perfurá-los em águas cada vez mais profundas precisava-se manter o posicionamento da embarcação engajada, para que a perfuração fosse executada de forma segura e eficiente. Será direcionada atenção as operações utilizando-se as plataformas semi-submersíveis de posicionamento dinâmico.

O Sistema DP utiliza os satélites como um dos seus Sistemas de Posicionamento de Referência (SPR). O Brasil encontra-se na região onde os efeitos das atividades solares são observados com maior frequência, considerando-se os sistemas supracitados, que são fundamentais a segurança operacional das plataformas.

No primeiro capítulo será abordado o Sol de uma forma geral, com um breve histórico sobre a nossa principal estrela e sua importância durante os anos à humanidade.

Já no segundo capítulo, serão apresentadas as atividades solares e os seus efeitos, os quais influenciam em equipamentos utilizados a bordo das plataformas DP.

Em seguida, torna-se necessário entender a Ionosfera e sua função no processo para o posicionamento seguro das embarcações. As bolhas de plasma e cintilação ionosférica são tópicos importantes que serão abordados ainda nesse capítulo.

O Sistema de Segurança de Navegação Global (GNSS) e o Sistema de Posicionamento Dinâmico (SPD) serão abordados nos últimos capítulos, por sofrerem toda aquela influência das atividades solares. Posteriormente, concluindo-se com as recomendações ao operador DP, a fim de estar preparado para aqueles eventos quando estiver à bordo das plataformas de perfuração, que utilizam o sistema DP para manter o seu posicionamento.

CAPÍTULO 1

O SOL

1.1 – O Sol e a humanidade.

É notória a importância do Sol para a humanidade desde as primeiras civilizações do planeta Terra. Ele era utilizado como referência de localização e tempo ao homem primitivo, o qual sob sua presença luminosa utilizava o dia para caçar, plantar e construir suas primeiras habitações. Normalmente ao por do sol ou falta da presença de luz solar contínua em uma determinada região (noite), aquele homem tinha o hábito de se recolher as suas habitações (o homem primitivo utiliza as cavernas) a fim de proteger-se de predadores, descansar ou até mesmo preservar-se daquilo que era desconhecido na época.

Diversos povos, oriundos de diferentes culturas e países observavam o Sol de vários aspectos. Vários deles costumavam a adorá-lo como um deus e realizavam rituais religiosos (figura 1-1), fazendo-se uso até mesmo de sacrifício humano para continuar a receber os seus benefícios, os quais acreditavam ser oriundos de uma divindade. Podem-se ter os Incas (no Peru), Egípcios (no Egito), Astecas e Maias (no México) como exemplo de civilizações antigas que veneravam o sol e o tinha ainda como uma referência de observação com o propósito de obter desenvolvimento de seus povos, seja no âmbito político, social, religioso ou econômico.



Figura 1-1

O culto realizado ao Sol pelos Maias tinha a finalidade de obter colheitas fartas. Segundo investigações arqueológicas e astrológicas, o fenômeno do sol iluminando os olhos da máscara de pedra foi calculado pelos maias para marcar o que eles consideravam ser o início do ciclo agrícola do ano. Atualmente, membros da comunidade indígena Kanki, no Sudeste do México, cultuam a máscara de pedra maia cujos olhos são iluminados pelo Sol no início de Maio. (fonte BBC Brasil)

Entre aquelas civilizações de riquíssima cultura, os Maias destacam-se de forma brilhante devido seus conhecimentos matemáticos com a invenção das casas decimais e o valor zero. Não obstante as importantes descobertas ao se observar o Sol, destacam-se a criação do Calendário Maia e a descoberta dos Solstícios² e Equinócios³ com conseqüente criação das estações do ano. Aquelas descobertas foram muito importantes em virtude de aquele povo ter a agricultura como sua principal atividade e a necessidade de determinar o melhor momento para plantar e colher. Com isso, os Maias conseguiram reduzir ao mínimo as perdas no campo e o esforço desperdiçado ao se plantar e não obter o esperado nas colheitas,

² Diz-se que é solstício de verão no hemisfério sul (HS) em 22 de Dezembro, quando a insolação é máxima naquele hemisfério tendo os dias com maior duração que as noites. Na mesma data ocorre o solstício de inverno no hemisfério norte (HN), com noites mais longas que os dias. Já em 22 de Junho ocorre o solstício de inverno no hemisfério sul, ocorrendo o solstício de verão no hemisfério norte, tendo os dias maior duração que as noites.

³ Diz-se que é equinócio é um estágio intermediário entre os solstícios de verão e inverno em um determinado hemisfério. Ou seja, o equinócio ocorre quando a insolação máxima se dá sobre a linha do equador. Em 23 de Setembro ocorre o equinócio Primavera no HS e de Outono no HN. Em 21 de Março ocorre o equinócio de Primavera no HN e de Outono no HS.

conseguindo assim usufruir conscientemente daquilo que a natureza, através do Sol lhes proporcionava.

Contudo, com o decorrer dos anos e o crescimento tecnológico, a humanidade voltou-se para o Sol a fim de estudá-lo de forma mais profunda e até mesmo para observar cientificamente a veracidade de várias hipóteses relacionadas a ele. Apesar dos Maias terem habitado a Terra no período pré-clássico (1.000 A.C a 250 D.C⁴), o desejo humano em observar o Sol continua sendo o mesmo, porém o homem atual detém grande poder tecnológico que o possibilita obter respostas muito mais rápidas sobre o Sol e conhecer seus benefícios a Terra e proteger-se de suas atividades que afetam o próprio ser humano e os equipamentos criados por ele.

1.2 – Uma visão técnica do Sol.

O Sol é a estrela central do Sistema Solar. Todos os outros corpos do Sistema, tais como planetas, planetas anões, asteroides, cometas e poeira, bem como todos os satélites associados a estes corpos, giram ao seu redor. Responsável por cerca de 99,86% da massa do Sistema Solar, o Sol possui uma massa 332.900 vezes maior que a do planeta Terra e um volume 1.300.000 vezes maior que o do nosso planeta.

O Sol, tal como outras estrelas, é uma esfera de plasma que se encontra em equilíbrio hidrostático entre duas forças principais que agem em seu interior. Em sentido oposto ao núcleo solar, estas forças são exercidas pela pressão termodinâmica, produzida pelas altas temperaturas internas e pela força gravitacional, agindo no sentido do núcleo solar.

A distância da Terra ao Sol é de cerca de 150 milhões de quilômetros, ou 1 unidade astronômica (UA)⁵. Na verdade, esta distância varia com o ano, de um

⁴ A.C simboliza a era antes do nascimento de Jesus Cristo e D.C após sua morte.

⁵ Em astronomia, a unidade astronômica UA (podendo ainda ser abreviada como AU) é uma unidade de distância aproximadamente igual à distância média entre a Terra e o Sol, sendo bastante utilizada para descrever a órbita dos planetas.

mínimo de 147,1 milhões de quilômetros (0,9833 UA) no periélio⁶ (no mês de Janeiro) a um máximo de 152,1 milhões de quilômetros (1,017 UA) no afélio⁷ (no mês de julho) como pode ser observado na figura 1-2 abaixo. Sabe-se ainda que a luz solar leva em torno de 8 minutos e 18 segundos até atingir a Terra e que ela é responsável pela fotossíntese dos seres vivos clorofilados, através de um processo físico-químico em que se utilizam dióxido de carbono e água para obtenção de glicose.

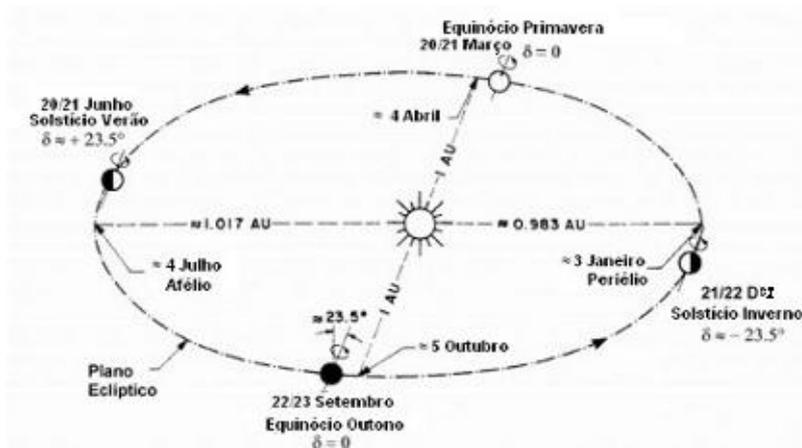


Figura 1-2

Movimento de translação da Terra considerando-se o hemisfério norte, onde podem ser observadas as distâncias da terra em relação ao Sol, pontos de afélio e periélio, solstícios e equinócios.

É notório que o Sol possui grande influência no clima meteorológico da Terra por ser a principal fonte de calor do Planeta. A radiação solar recebida pelo planeta Terra é a fonte de energia que possibilita a existência de vida animal e vegetal no planeta. Ao longo do ano, uma mesma região da superfície da Terra recebe quantidades diferentes de radiação solar, devido à posição relativa do Sol, principalmente nas altas latitudes. [Meteorologia e Oceanografia usuário do

⁶ Em astronomia, o periélio ou perélio, onde Peri (à volta, perto) e hélio (Sol), é o ponto da órbita de um corpo, seja ele planeta, planetóide, asteroide ou cometa que se encontra mais próximo do Sol. Quando um corpo encontra-se no periélio, ele atinge a maior velocidade de translação de toda sua órbita. Quando o corpo estiver orbitando qualquer outra estrela que não seja o Sol, utiliza-se então o nome genérico periastro para identificar aquele ponto.

⁷ Em astronomia, afélio que significa longínquo é o ponto oposto ao periélio, onde o corpo se encontra mais afastado do Sol. Quando se trata de um corpo que orbita uma estrela que não seja o Sol, esse ponto é denominado apoastro.

navegante; Lobo, Paulo Roberto Valgas; Soares, Carlos Alberto, 2007]. Isto ocorre devido ao ângulo de incidência dos raios solares em relação a uma determinada região no planeta. Logo, essa variação anual ocasiona a sazonalidade (primavera, verão, outono e inverno).

Em constante atividade, o Sol possui uma temperatura de superfície de aproximadamente 5780 Kelvins (o que equivale a 5506.8°C) lhe conferindo uma cor branca (apesar de ser visto em amarelo no céu terrestre, o que se deve a dispersão dos raios solares na atmosfera da Terra). A temperatura do núcleo do Sol é cerca de 136×10^5 Kelvins. Ele é composto primariamente de hidrogênio com cerca de 74% de sua massa ou 92% do seu volume, hélio com 24% da massa solar ou 7% de seu volume e com presença em menor escala de outros elementos que incluem ferro, níquel, oxigênio, silício, enxofre, magnésio, néon, cálcio e crômio.

Conforme já mencionado, o Sol é essencialmente formado por plasma, gases distintos e um núcleo com temperatura exorbitante. Logo é natural que essa grande estrela sofra processos de liberação de energia (as quais são conhecidas como atividades solares, figura 1-3). Ao ser liberada ou expelida pelo Sol, aquela quantidade colossal de energia viaja pelo universo atingindo outros corpos ao seu redor e por consequência o Planeta Terra e tudo aquilo que se encontra em sua órbita, afetando assim as comunicações via satélites utilizadas para o posicionamento dinâmico de diversas embarcações que se encontram na superfície do mar.

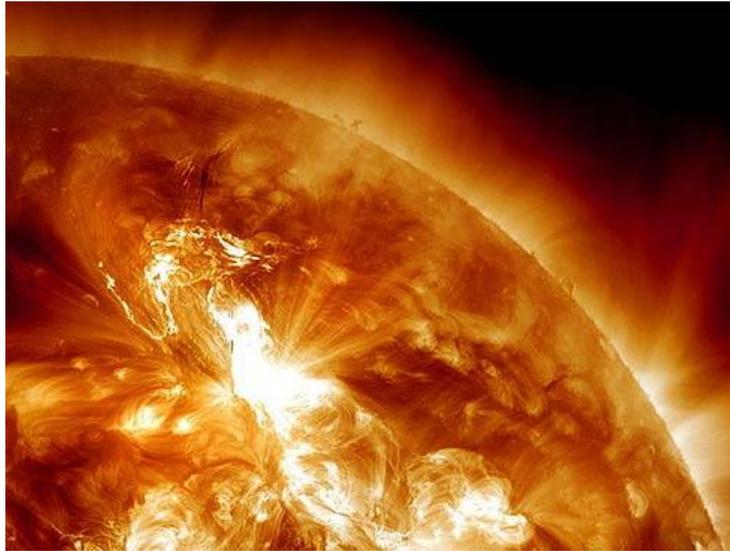


Figura 1-3

Imagem do Sol onde se observa intensa atividade solar, com liberação de energia através de explosões e erupções solares, que dependendo de sua intensidade podem provocar sérias consequências na comunicação satélite na Terra e no posicionamento dinâmico de embarcações.

CAPÍTULO 2

AS ATIVIDADES SOLARES

Devido ao avanço tecnológico e utilização da navegação por satélites pelas embarcações nos oceanos e mares, sejam elas voltadas a navegação de longo curso, costeira, interior ou para o posicionamento dinâmico em atividades voltadas a exploração de petróleo, não se pode negligenciar a existência das atividades solares e seus efeitos nos equipamentos receptores de sinais GPS, DGPS e nos equipamentos DP das embarcações. Pode-se dizer que as atividades solares são fenômenos dinâmicos observados no Sol, estando elas associadas, por exemplo, **a mancha solar, explosões e erupções solares, ejeção de massa coronal (EMC), buraco coronal e vento solar** (Figura 2-1). Tais fenômenos são geralmente observados em uma região limitada da superfície do Sol, chamada de região ativa, podendo existir por alguns dias ou vários meses.

Quando surge uma região ativa, observa-se então a formação de flóculos, que correspondem ao aumento de brilho das linhas de absorção de hidrogênio e cálcio ionizado. Após certo tempo, normalmente alguns dias, aparecem às primeiras manchas solares. O número dessas manchas aumenta gradualmente e a intensidade das outras manifestações da atividade solar torna-se mais acentuada.

O excesso de radiação nas linhas de hidrogênio e cálcio que caracteriza a região ativa aumenta acentuadamente quando as explosões solares ocorrem. As labaredas solares surgem na vizinhança, desenvolvendo ou deteriorando-se grupos de manchas e mostrando um aparecimento subido de fortes linhas de absorção.

Pequenas erupções são observadas quase que diariamente em grandes grupos de manchas solares, sendo que grandes erupções e consequentes explosões de grandezas significativas acontecem raramente a cada ciclo solar⁸. As

⁸ Ciclo Solar é o ciclo que mostra a atividade do sol em intervalos de aproximadamente 11 anos. A máxima duração de um ciclo solar foi de 13 anos e 8 meses e pertence ao ciclo 4 (desde setembro de 1784 a maio de 1798). O ciclo de menor duração foi o número 2 com 9 anos exatos (desde junho

atividades solares são mais elevadas nos períodos conhecidos como máximo solar, quando as manchas solares aparecem com maior intensidade e são mais baixas quando no mínimo solar.



Figura 2-1

Visão geral do efeito das atividades solares na terra, afetando o uso de satélites voltados para a comunicação, navegação ou posicionamento dinâmico das embarcações. Tudo aquilo que se encontra próximo ao Sol sofrerá os efeitos dessas atividades. (fonte INPE)

de 1766 a junho de 1775). O primeiro ciclo solar ocorreu ao ser observado a primeira mancha solar desde Março de 1755 a Junho de 1766, com duração de 11,3 anos. O Ciclo Solar 24 é utilizado nos dias de hoje para referência, estudo e monitoramento do Sol e suas atividades. Conforme a NASA, ele iniciou em 2006.

2.1 – Manchas Solares

As manchas solares são áreas relativamente frias, cerca de 3000 a 4500 Kelvins (2727 a 4227 °C), se comparadas com outras regiões do Sol. Elas se apresentam como uma deformação ou borrão escuro na face do Sol. Aparecem e se dissipam em dias ou semanas e podem ser observadas da Terra, considerando o período de rotação do Sol ter uma duração de cerca de 27 dias. Uma mancha solar pode ter um diâmetro de 80.000 km, que representa cerca de 6,2 vezes maior que o diâmetro equatorial da Terra (12.756,3 km). Elas se formam basicamente quando há presença de linhas de campo magnético com forças extremas logo abaixo da superfície solar, onde essas linhas são submetidas a todo tipo de perturbação, tais como torções e colisões em direção à fotosfera⁹ solar. Conglomerados de manchas solares se formam rapidamente e se dissipam com menor velocidade em um ciclo irregular a cada 11 anos aproximadamente. O número de manchas solares é basicamente a soma das áreas escuras visíveis sobre a superfície do sol com os ajustes para a instrumentação utilizada (figura 2-2). Além da NASA, a agência americana NOAA (Administração Atmosférica e Oceânica Nacional) monitora as atividades solares e realiza previsões sobre elas (figura 2-3).

⁹ A fotosfera de um dado objeto astronômico é a região onde um dado corpo ou matéria deixa de ser transparente, isto é, opaca à luz - a superfície visível de um dado objeto astronômico, geralmente, corpos gasosos. Em outras palavras, um corpo gasoso não possui uma superfície sólida, tendo, porém, um limite onde o gás passa a ser opaco à luz. Constantemente, o termo fotosfera é mencionado em estrelas, com destaque para o Sol. A fotosfera do Sol possui uma temperatura mínima de 6000 kelvin e aproximadamente 300 km de extensão, mas tal temperatura e extensão variam de estrela a estrela. [Introdução a Geofísica Espacial; Volker W.J.H. Kirchhoff, 1991]

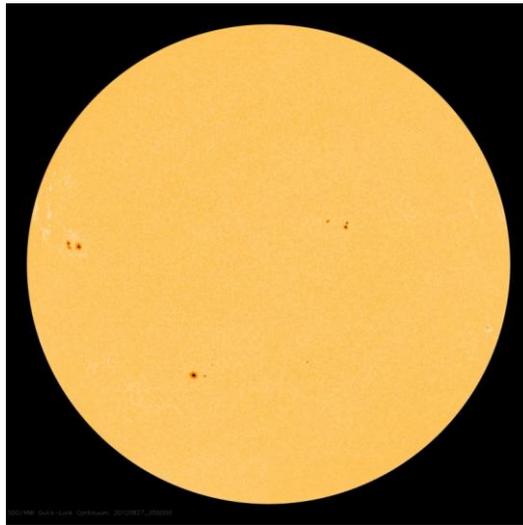


Figura 2-2

Imagem do Sol do dia 27 de Agosto de 2012, onde se podem observar conglomerados de manchas solares distantes um dos outros, formando um triângulo se traçarmos linhas retas entre elas. Nenhuma dessas manchas solares representam ameaças para o desenvolvimento de grandes explosões solares. (fonte: SDO-HMI Nasa)

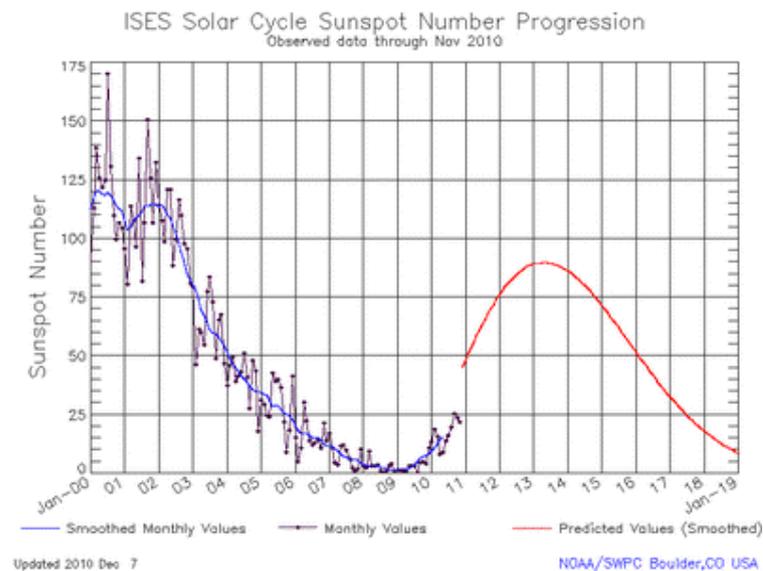


Figura 2-3

O gráfico representa o número de progressão das manchas nos ciclos solares, o qual foi observado em Novembro de 2010. Nota-se um aumento das manchas solares a partir de 2009 e o número máximo de manchas será alcançado entre o final de 2012 e 2014. É essencial que os Oficiais encarregados da navegação no passadiço e os DPOs estejam atentos a esses fenômenos, pois poderão interferir de maneira significativa a recepção dos sinais oriundos dos satélites e afetar o posicionamento dinâmico das embarcações podendo gerar acidentes. (Fonte: NOAA/SWPC).

2.2 – Erupções e Explosões Solares

As erupções solares são explosões na superfície do Sol causadas por mudanças repentinas no seu campo magnético. A atividade na superfície solar pode causar altos níveis de radiação no espaço. Esta radiação pode vir como partículas (plasma) ou radiação eletromagnética (luz). O Sol libera porções de energia eletromagnética quando uma gigantesca quantidade de energia armazenada em campos magnéticos, acima das manchas solares, explode produzindo um forte pulso de radiação que abrange espectro eletromagnético¹⁰, desde as ondas de rádio até os raios X e raios gama.

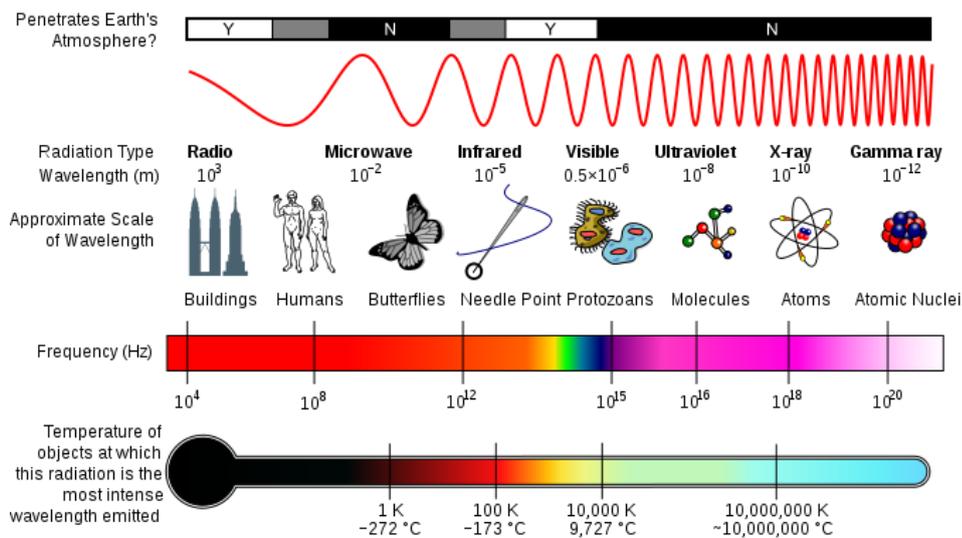


Figura 2-4 (Fonte: NASA)

Representação da propriedade do Espectro Eletromagnético e um comparativo ao penetrar na atmosfera da Terra.

Observa-se que as ondas rádios possuem o maior comprimento de onda, sendo que os raios gama possuem o menor comprimento.

¹⁰ Espectro Eletromagnético é o intervalo de onda da radiação eletromagnética que contém desde as ondas de rádio, as micro-ondas, o infravermelho, a luz visível, os raios ultravioletas, os raios X até os raios gama.

Os gases emergem da superfície e são lançados na coroa solar¹¹, onde atingem temperaturas de mais de 1,5 milhões de graus centígrados, formando arcos chamados anéis coronais e enormes bolhas de gases ionizados com até 10 bilhões de toneladas. Após isso, esfriam e voltam a se chocar com o Sol a uma velocidade próxima a 100 quilômetros por segundo.

As **ejeções de massa coronal (CME)**, que são partículas de altas energias, lançadas no espaço interplanetário podem transportar 10 bilhões de toneladas de gás eletrizado e superam a velocidades de 1 milhão de quilômetros por hora. Quando atingem a Terra, a magnetosfera¹² do planeta desvia a maior parte da radiação, mas uma parte pode chegar à atmosfera superior, causando as tempestades geomagnéticas (que serão abordadas mais adiante), afetando a segurança operacional das embarcações que utilizam o GPS ou DGPS.

As erupções solares são classificadas de acordo com o seu brilho em raios X no intervalo de comprimento de onda que vai de 1 a 8 Ångstroms ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$).

Existem três categorias de "erupções":

Erupções classe X: são importantes e grandes erupções que podem desencadear a suspensão de diversas atividades eletromagnéticas, suspender as transmissões das estações de rádio em todo o planeta e produzir tempestades de radiação de longa duração. Essas erupções afetam as operações DP das embarcações na Terra.

Erupções classe M: são erupções de média intensidade que afetam as regiões dos polos e rápidos bloqueios nas emissões radiofônicas.

Erupções classe C: são pequenas erupções e não afetam o planeta.

¹¹ A Coroa solar (também chamada de coroa branca, coroa de Fraunhofer ou corona) é o envoltório luminoso do Sol constituído de plasma.

¹² Magnetosfera é o campo magnético da Terra que o protege a superfície do planeta das partículas ejetadas do Sol.

2.3 – Vento Solar

O vento solar é uma corrente de partículas carregadas e ejetadas da atmosfera superior do sol, onde em sua maioria é constituída de elétrons e prótons com energias geralmente entre 1,5 e 10 keV¹³. Ele é oriundo da formação do **buraco coronal**, que após a liberação de energia através de explosão pela EMC forma um vazio magnético na coroa solar, local onde existem altas temperaturas e energia cinética, por onde o vento solar sopra continuamente no espaço. Sua velocidade no buraco coronal pode chegar a 800 km/s, tendo em média 400 km/s, dando uma noção de quão violenta é a ejeção de massa coronal e o quão agressivo ela pode ser as operações marítimas na Terra (figura 2-5).

O vento solar cria a heliosfera, uma bolha enorme no meio interestelar que circunda o Sistema Solar. Outros fenômenos estão associados a ele tais como as tempestades geomagnéticas que podem gerar um apagão momentâneo nas redes de energia na Terra e possuem grande relevância quanto à segurança e eficiência dos Sistemas DP das embarcações, a aurora boreal (fenômeno luminoso que ocorre em regiões de altas latitudes), e as caudas de cometas de plasma que estão sempre longe do sol.

¹³ KeV corresponde a mil elétrons-volt que corresponde a 10³ eletrons-volt

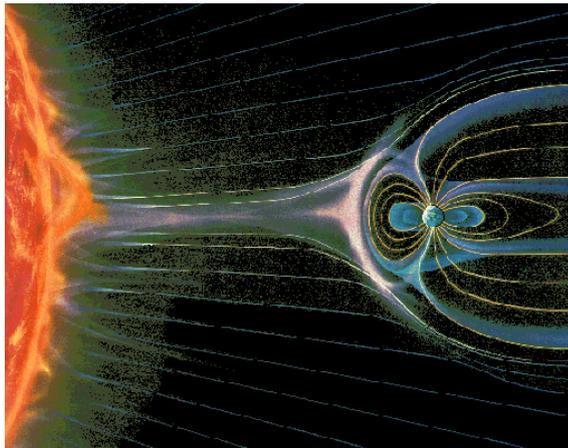


Figura 2-5 (Fonte: Fugro)

Processo originado por uma mancha solar que se desenvolveu e gerou uma erupção e consequente explosão liberando material solar que viaja com enorme velocidade em todas as direções interestelares e consequentemente atinge a Terra. A sua intensidade pode afetar o sistema Diferencial GNSS (DGNSS) e ignorar sua existência pode causar danos irreversíveis ao meio ambiente marinho, exemplo de uma plataforma DP semi-submersível em atividade de perfuração de poço petrolífero.

2.4 – Magnetosfera da Terra

Região do espaço influenciada pelo Campo Magnético da Terra, que funciona como um escudo ao Planeta, protegendo-o da maioria das descargas de partículas de plasma oriundas do Sol que são transportadas pelo vento solar, desviando-as para o espaço (figura 2-6).

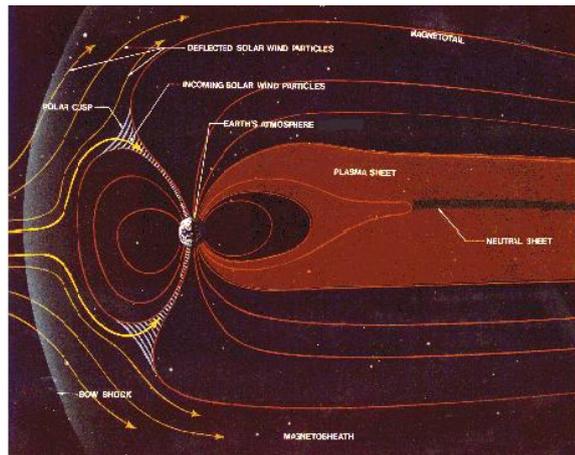


Figura 2-6

Mapa da Magnetosfera da Terra. (Fonte: Fugro)

Quando as partículas de vento solar se aproximam da Terra, elas colidem primeiramente com campo magnético do Planeta e continuam sua jornada ao redor da curva chamada de *bow chock*. Da mesma maneira que a água desliza na proa de um navio, o vento solar flui entre as linhas do campo magnético da Terra. Após chocar-se com o *bow shock*, o vento solar flui ao redor da magnetosfera, se esticando de forma a gerar uma calda na direção do fluxo (parte oposta a direção do Sol). Entretanto, devido à intensidade do vento solar, algumas partículas penetram por funis chamados de *Polar Cusp* atingindo os polos norte e sul da Terra, carregando tremenda energia e ao colidir com a atmosfera terrestre geram o fenômeno conhecido como aurora boreal.

A figura 2-6 representa uma condição regular da magnetosfera. Entretanto, as linhas do campo magnético terrestre não terão o mesmo comportamento quando na ocorrência de Tempestades Geomagnéticas, as quais são originadas por ejeções solares que emitem radiação e ao atingirem o campo magnético terrestre provocam alterações. Elas ocorrem geralmente quando o Sol está se aproximando do seu nível máximo de atividade (máximo solar), que ocorre em ciclos de 11 anos conforme já mencionado anteriormente.

Já a atmosfera terrestre funciona como uma segunda barreira de proteção, por ser uma camada composta de gases que está presa a Terra devido à força da gravidade. A atmosfera é composta de diversas camadas, tais como a Troposfera, Estratosfera, Mesosfera e Ionosfera (composta pela Termosfera e Exosfera) conforme podem ser visualizadas concernentes suas altitudes na figura 2-7. A Ionosfera é a camada de maior importância nesse estudo devido ao impacto

das atividades solares na operação das plataformas semi-submersíveis, que utilizam o sistema DP para o seu posicionamento.

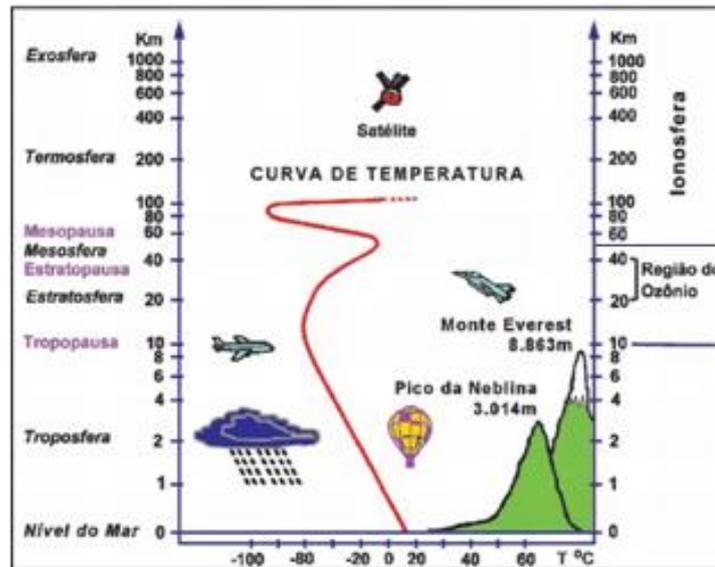


Figura 2-7

Gráfico que descreve as diferentes camadas da atmosfera correlacionando suas altitudes. (Fonte: Sociedade Brasileira de Química)

CAPÍTULO 3

A IONOSFERA E SUA INTERFACE COM O SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO NAS PLATAFORMAS SEMI-SUBMERSÍVEIS

3.1 – A Ionosfera

A ionosfera é formada pela radiação ionizante ultravioleta do Sol. Ela é um plasma fracamente ionizado, ou gás, que pode afetar a propagação das ondas rádio. Assumi-se que a densidade de íons e elétrons é a igual em todas as camadas da ionosfera, sendo a densidade de íons pouco menor que 1% da densidade neutra.

Quando foi estudada pela primeira vez, suas camadas (regiões) foram nomeadas através de letras alfabéticas, tal como regiões D, E, F1 e F2 (figuras 3-1, 3-2 e 3-3).

A região D é a mais próxima do solo e fica entre os 50 e 90 km de altura, absorvendo a maior quantidade de energia eletromagnética e formando-se no momento em que as moléculas começam a adquirir energia solar. Com isso pode-se dizer que o seu comportamento é diurno, permanecendo por alguns instantes no início da noite. Essa região não possui efeitos mensuráveis nas frequências GPS.

A região E está localizada acima da região D e sua altitude média vai de 90 e 140 km. Semelhante a camada D, durante o dia se forma e se mantém, dissipando-se a noite. Possui efeitos mínimos no sistema de satélites e com estrutura irregular, pode-se observá-la quando acontecem os fenômenos das auroras austrais e boreais. Ela pode apresentar um mínimo de cintilação ionosférica, por ser muito fina e conseqüentemente pouquíssimo efeito nas frequências dos satélites.

A região F1 localiza-se a altura entre 140 até 210 km durante os horários diurnos acompanhando a região E, podendo esporadicamente estar presente à noite. Em combinação com a região E, ela responde por cerca de 10% do *time delay*¹⁴ encontrado no GPS. A região F2 está entre 210 e 1000 km de altitude, sendo o principal meio de reflexão ionosférico utilizado para as comunicações em altas frequências e longas distâncias. A sua maior densidade e variação de altura, comparada às primeiras regiões, a torna a região onde acontecem os maiores efeitos nos sistemas de transferência de dados dos satélites GPS. Seu aparecimento ocorre ao nascer do Sol, quando a região F se desmembra em F1 e F2. Sua altitude varia conforme a hora do dia, época do ano e condições de ventos e ciclos solares.



Figura 3-1

Visualização das regiões (camadas) da ionosfera, representadas pelas letras D, E, F1 e F2.

¹⁴ *Time delay* é uma expressão de origem inglesa que significa um atraso que geralmente leva cerca de 30 segundos na transferência de dados entre um determinado satélite e um receptor GPS.

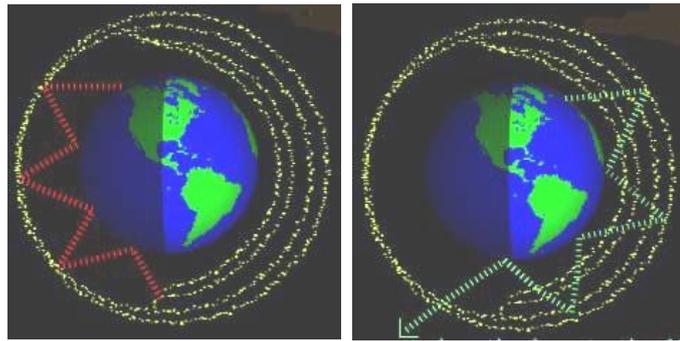


Figura 3-2 e 3-3

Comportamento da Ionosfera durante o dia e a noite.

A figura da esquerda representa a noite, quando a camada D desaparece e a E se torna muito fraca por não conseguirem permanecer ionizadas por muito tempo. Já as camadas F1 e F2 se tornam praticamente única. As frequências mais baixas agora se tornam muito úteis já que a camada D não mais está presente para absorvê-las. Esta é a razão pela qual podemos ouvir estações de rádio em Ondas Médias e Ondas Curtas localizadas algumas vezes a milhares de quilômetros durante a noite, quando utilizando rádio nas frequências MF/HF no passado. As mesmas altas frequências que são úteis durante o dia podem passar direto através da Região F durante a noite. A figura da direita representa o dia onde devido aos raios ultravioletas do Sol na Terra, há a formação completa das camadas ionosféricas, onde é melhor utilizar frequências mais altas de rádio transmissão.

3.2 – Cintilação Ionosférica

Originalmente a ionosfera era utilizada como um espelho para sinais de rádio em ondas curtas (HF), permitindo comunicações à longa distância. Com o uso de frequências mais altas, a ionosfera deixa de comportar-se somente como espelho e assemelha-se a uma janela em que irregularidades no vidro podem distorcer o sinal que a atravessa (figura 3-5). À medida que frequências mais altas são utilizadas, o efeito reduz-se, sendo virtualmente sem importância para valores acima de 10 GHz. Entretanto, todos os satélites GPS transmitem seus sinais em duas frequências chamadas de L1 e L2, onde a primeira é igual a 1575,42 MHz e a segunda é 1176,45 MHz respectivamente. Apesar de transmitirem sinais em somente duas frequências (futuramente será utilizada a frequência L5), os satélites possuem características que os diferenciam um dos outros, que consistem em códigos de uso dos sinais, denominados códigos PRN (Pseudo Random Noise). Com isso, observa-se a importância que o oficial de náutica estando a bordo das

Plataformas DP, na função de DPO, deve dar ao assunto e tratá-lo com responsabilidade ao assumir o seu turno no passadoço.

A relevância dos capítulos anteriores é comprovada com o desencadeamento da **cintilação ionosférica**, que foi gerada pela atividade solar inicial (mancha solar), com conseqüentes erupções e explosões solares, ejeção de massa coronal e por final com o vento solar carregando todo aquele material, construído de plasma, vindo a chocar-se com o campo magnético da Terra o distorcendo e gerando bolhas de plasma na Ionosfera (figuras 3-4 e 3-5). Logo, entende-se que a cintilação ionosférica é uma flutuação ou variação rápida de amplitude e fase dos sinais de ondas de rádio (utilizadas pelos satélites), e ocorre quando estes sinais encontram em sua trajetória irregularidades ionosféricas ou bolhas de plasma.

As bolhas são geradas no equador magnético após o pôr do sol devido às instabilidades plasma ionosférico. Elas tendem a se mover para o alto e ao longo das linhas do campo magnético, atingindo cerca de 20 graus de latitude norte e latitude sul, afetando consideravelmente a exploração de petróleo nas bacias de Santos e Campos, localizadas no Brasil.

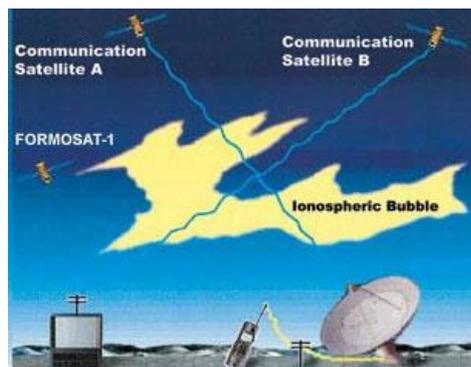


Figura 3-4

Ilustração de transmissão GPS, utilizando ondas rádio com presença de bolha de plasma ionosférico.
(Fonte: NSPO Taiwan)

O fenômeno da cintilação ionosférica é similar ao piscar das estrelas observadas no céu noturno, provocado por variações na densidade atmosférica devido à turbulência, só que neste caso as flutuações são causadas por variações em pequena escala (ou irregularidades) na densidade do plasma ionosférico (densidade

de elétrons) ao longo do caminho de propagação seguido pelo sinal. Essas irregularidades agem como lentes convergentes ou divergentes, focando ou desfocando as ondas de rádio.

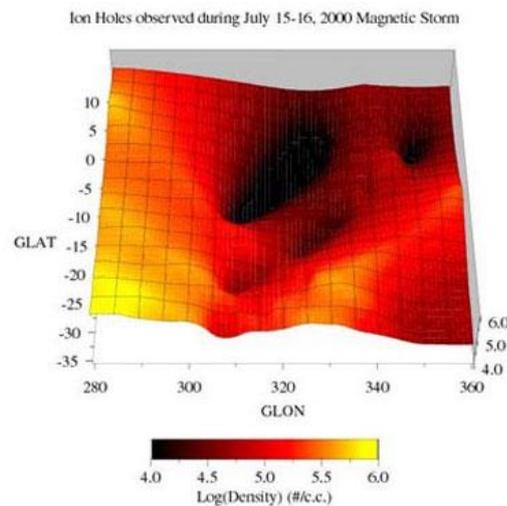
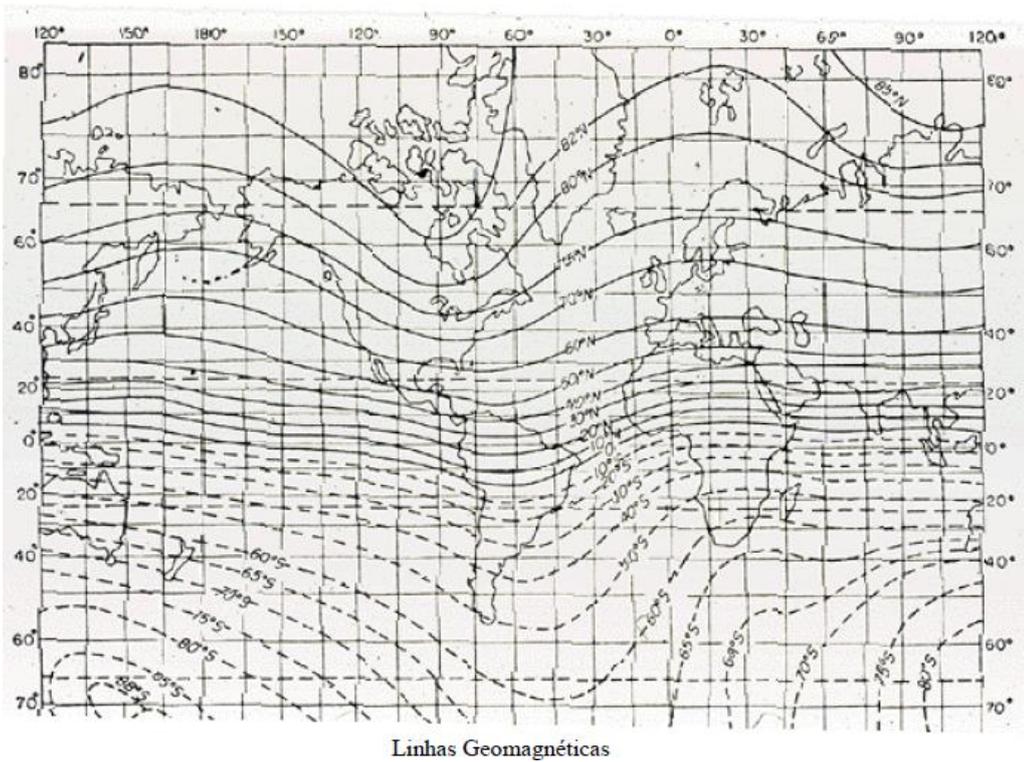


Figura 3-5

Imagem em 3D de buracos de íons observados durante a Tempestade Magnética nos dias 15 e 16 de Julho de 2000.

O Satélite FORMOSAT-1 observou enormes buracos de íons na estrutura da ionosfera terrestre entre aqueles dias, quando uma enorme tempestade magnética atingiu a região mais fraca do campo magnético da Terra, logo acima do Brasil, conhecida como Anomalia do Atlântico Sul. (Fonte: NSPO Taiwan).

As irregularidades na densidade de elétrons da ionosfera são em função da localização (latitude e longitude), data, horário, nível de atividade solar, e nível de atividade geomagnética. Sendo assim, o DPO deve entender que a ocorrência de frequentes períodos de cintilação é maior entre Setembro (equinócio de primavera) a Março (equinócio de outono), próxima a região equatorial (cerca de 20° ao longo do equador magnético como pode ser visto na figura 3-6) começando-se a observar a flutuação dos sinais dos satélites GPS logo após o por do Sol podendo-se estender até meia-noite (horário de Brasília). Os efeitos da cintilação são mais acentuados nos anos de maior atividade solar, como aconteceu em 2000 (figura 3-5) e como está para acontecer em 2012/2013 conforme estudos da agência federal norte americana NOAA representados pelo gráfico da figura 2-3.



Linhas Geomagnéticas

Figura 3-6 Linhas Geomagnéticas da Terra. (Fonte: Fugro)

Observa-se que próximo ao equador magnético, 20° norte e sul, existem uma compressão das linhas magnéticas.

CAPÍTULO 4

O GNSS E O SISTEMA DP

Muitas pessoas desconhecem a existência de qualquer outro sistema que envolva navegação por satélites que não seja o GPS. Na verdade este último sistema é parte do GNSS. O termo GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) de origem inglesa refere-se aos sistemas de navegação por satélites. Atualmente existem dois sistemas fazendo parte do GNSS, o GPS (norte americano) e o GLONASS (semelhante ao primeiro, oriundo da Rússia). Existem outros dois sistemas de satélites em desenvolvimento, o Galileo (Europeu) e o Beidou (Chinês), também conhecido como Compass. Tanto o GPS quanto o Glonass são importantes interfaces ao Sistema DP das plataformas de perfuração. Eles servem como Sistemas de Posição e Referência (SPR) ao DP que em conjunto com outros SPR e vários equipamentos, tais como as agulhas giroscópicas, sensores de vento¹⁵, sensores de calado, *thrusters*¹⁶ e MRU¹⁷ (*Motion Relative Units*), estão sob o controle ou monitoramento do DPO que é responsável por manter a Plataforma na posição ao perfurar um poço de petróleo ou navegar para outro destino.

¹⁵ Os sensores de ventos substituíram os anemômetros e anemoscópios, por fornecerem a velocidade e direção do vento em um mesmo aparelho.

¹⁶ *Thrusters* são os impelidores, responsáveis por dar impulsão e/ou direção à plataforma, se for azimutal, auxiliando a navegação e manutenção de sua posição.

¹⁷ Significa Unidade Relativa de Movimento sendo responsável por fornecer ao DP as informações de *pitch* (caturro), *roll* (balanço da plataforma na direção transversal a proa e popa) e *heave* (movimento vertical da plataforma).

4.1 – O Sistema de Posicionamento Global

O GPS é um sistema de navegação por satélites que provê informações de tempo e localização em qualquer tipo de condição ambiental. O sistema foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD) em parceria com a NASA. Inicialmente fora desenvolvido para fins militar devido sua precisão e auxílio ao uso de armas lançadas a grandes distâncias do alvo a ser atingido. Após sua liberação ao uso civil, proporcionou grande desenvolvimento e descobertas tecnológicas, sendo extremamente importante nos dias atuais à exploração de poços de petróleo nos oceanos.

4.1.1 – Visão geral do sistema

O sistema GPS consiste em três segmentos conhecidos como **Segmento Espacial, de Controle e do Usuário**. O **segmento espacial** consiste de pelo menos 24 satélites em seis orbitas planas (com 4 satélites em cada plano). Adicionalmente, satélites ativos sobressalentes dão ao sistema a quantidade de 27 a 30 satélites operacionais a qualquer momento (figura 4-1). Eles estão a uma altitude aproximada de 20200 km com raio orbital de 26560 km. Estão dispostos de tal maneira que um receptor GPS na Terra receba dados de pelo menos 4 satélites com uma boa geometria de sinais entre eles. Eles são alimentados por energia solar, possuindo bateria reserva e tendo uma vida útil de 10 anos. Cada satélite possui ainda quatro relógios atômicos altamente precisos e pequenos foguetes intensificadores para ajustar sua posição orbital.



Figura 4-1

Satélites GPS em órbita (Fonte: Kongsberg Maritime)

O **segmento de controle** consiste de cinco estações de monitoramento (Ascension Island, Colorado Springs, Diego Garcia, Hawaii e Kwajalein), três antenas no Solo (*ground antennas*) com estações de transmissão (Ascension Island, Diego Garcia e Kwajalein) e uma estação de controle principal (MCS – *Main Control Station*) localizada na base aérea de Schriever, Colorado Springs (figura 4-2).

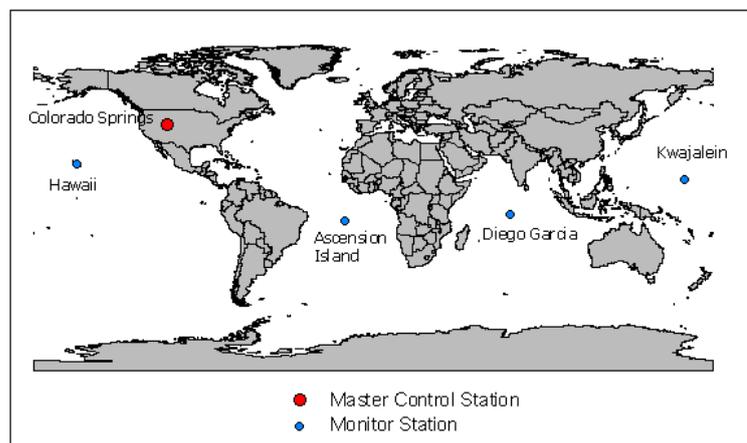


Figura 4-2

Estações que compõem o segmento de controle.

As estações de monitoramento estão constantemente rastreando todos os satélites dentro de seus respectivos campos visuais, coletando e computando dados orbitais, de distância e corrigindo o relógio de cada satélite. Esses dados são

enviados a MCS para verificação, processamento e atualização. As informações corrigidas são transmitidas da MCS através de uma das antenas de solo para os satélites e posterior reenvio através de ondas rádio para os usuários (figura 4-3).

O **Segmento do Usuário** consiste em receptores que podem ser manualmente carregados ou instalados em aeronaves, carros, caminhões, embarcações, e vários outros. Os receptores detectam, decodificam e processam os sinais dos satélites para posterior conversão em posição, velocidade e tempo estimado. Os receptores registram posições em latitude e longitude que podem ser transformados em vários *Datums*¹⁸ e sistemas de coordenadas para mapeamento.

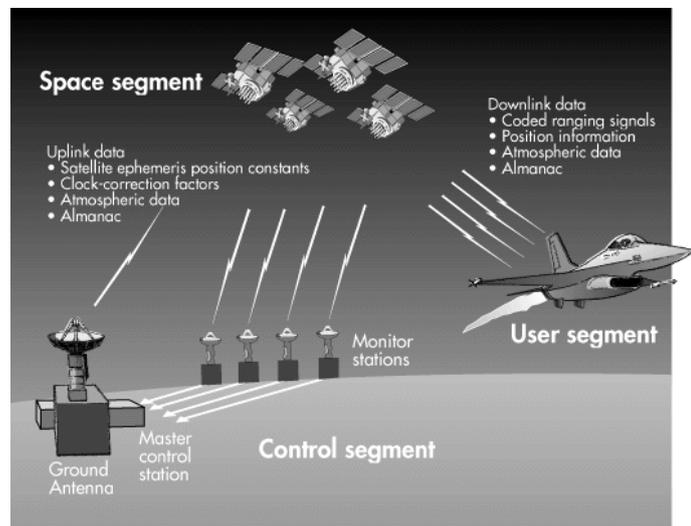


Figura 4-3

Visão geral do sistema GPS. (Fonte Kongsberg Maritime)

O GPS Almanac é o conjunto de dados que cada satélite GPS transmite, incluindo informações das condições (estado) de toda constelação de satélites e os dados de rumo de suas órbitas.

¹⁸Em cartografia refere-se ao modelo matemático teórico da representação da superfície da Terra ao nível do mar utilizado pelos cartógrafos numa determinada carta ou mapa.

4.1.2 – O DGPS

O Sistema Diferencial de Posicionamento Global (DGPS) é um aprimoramento do GPS que agregou maior precisão de posicionamento, onde originalmente o GPS fornecia posição com cerca de 15 metros de erro. O DGPS conseguiu reduzir esse valor para cerca de 2 metros, podendo ser maior ou menor dependendo dos equipamentos utilizados pelo usuário.

O DGPS utiliza a rede de dados (*network*) das Estações de Referência com Bases em terra para radiodifundir a diferença entre as posições indicadas pelo sistema de satélites e as posições fixas conhecidas. Essas estações radiodifundem ainda a diferença entre as *pseudoranges*¹⁹ medidas dos satélites e a real (computada internamente na estação de referência) para que as estações receptoras possam corrigir as suas com o mesmo valor (a lista de estações base de referência pode ser observada na lista de anexos).

Após feitas as devidas correções no sinal satélite, a radiotransmissão é feita através das Rádio Balizas Marítimas (*Maritime Radio Beacons*), das balizas IALA, pelos sistemas rádio HF, UHF ou VHF e pelo Sistema Baseado em Satélites (através dos satélites Inmarsat, Spotbeam e SBAS²⁰) (figuras 4-4 e 4-5). Uma vez que as correções DGPS tenham sido recebidas por um receptor DGPS de bordo, o receptor GPS combina seus próprios dados de distância com os dados de correção para que finalmente a posição DGPS, muito mais precisa, possa ser calculada.

¹⁹ Palavra inglesa que significa erro de distância. Na navegação por satélites representa o erro de distância entre um satélite e um receptor de navegação por satélites.

²⁰ *Satellite Based Augmentation System*, que é o sistema que tem o propósito de trazer melhoria baseada em satélites com auxílio ao GNSS, com outros satélites geoestacionários que não fazem parte do sistema Inmarsat e Spotbeam.

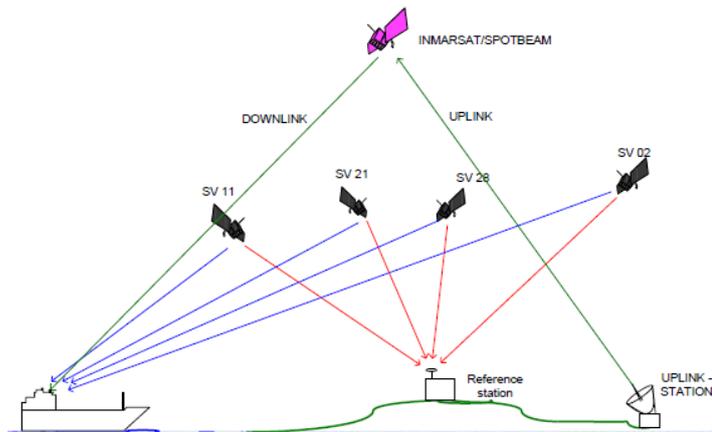


Figura 4-4

Utilização dos satélites Inmarsat e Spotbeam para a transmissão de sinais DGPS. (fonte Kongsberg Maritime)

Os satélites GPS transmitem ao mesmo tempo para os usuários e as estações de referência, sendo que ao receber o sinal a estação de referência corrige os erros de distância, envia para as *Uplink stations* (que pode ser chamada ainda de *ground antenna stations* ou antenas de solo) que retransmitem para os satélites Inmarsat/Spotbeam para posterior envio ao usuário a bordo do navio.

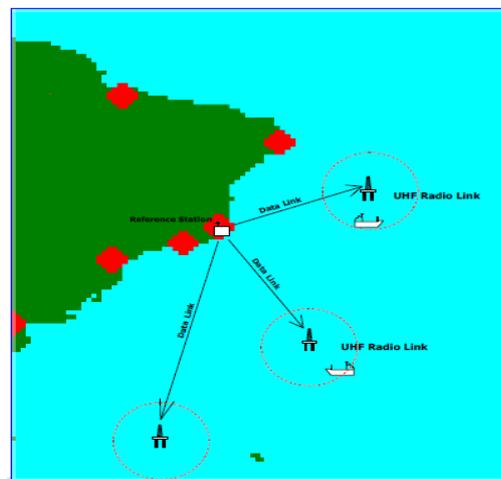


Figura 4-5

Correções DGPS através de radiofrequência UHF através da utilização de plataformas da Petrobras na Bacia de Campos, Rio de Janeiro com auxílio de estação de referência em terra. (Fonte Kongsberg Maritime).

A estação de referência em terra gera os sinais de correção, que são transmitidos às plataformas fixas da Petrobras através de rede de dados (*data link*). Ao chegar às plataformas fixas, o sinal é retransmitido através de rádio frequência UHF para que possa ser recebido pelas embarcações equipadas com receptor UHF destinado a esse propósito. (Fonte Kongsberg Maritime).

4.1.2.1 – A responsabilidade pela correção do sinal diferencial.

As correções diferenciais são divididas em correções locais, regionais e com cobertura global. A correção local é feita através das balizas IALA (*International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities*) que são feitas de forma gratuita e via antena VHF. A correção regional é gratuita e baseada nos satélites do SBAS (através de antenas GPS WAAS, EGNOS, MSAS e GAGAN)²¹. A correção com cobertura global é paga, controlada e distribuída pela empresa Fugro. A correção é baseada em satélites geoestacionários dos sistemas Inmarsat e Spotbeam, seus respectivos demoduladores e o pagamento de assinatura anual pelo uso dos mesmos (figuras 4-6 e 4-7). As empresas Veripos e Fugro (esta última é líder no mercado) são provedoras de dados de correção e posição existente aos sistemas DGNSS. A Fugro mantém ainda uma infraestrutura mundial com mais de 110 estações base de referência que podem ser observadas na lista de anexos.

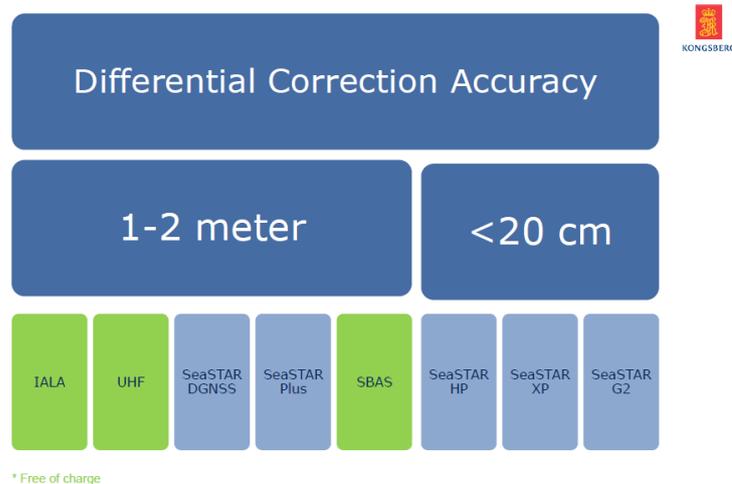


Figura 4-6

Precisão da correção diferencial (Fonte Kongsberg Maritime)

Com a utilização do sinal dgps, o erro de posição diminui para 1 a 2 metros, podendo chegar a um valor inferior a 20cm com a utilização dos sinais de alta precisão Seastar HP, XP e G2 que fornecem a posição em tempo real. Para obtenção e uso desses sinais, deve-se contratar suas respectivas assinaturas junto a Fugro Seastar, o qual é fundamental as plataformas de perfuração DP e mais uma ferramenta de auxílio ao DPO.

²¹ São satélites do SBAS, sendo que criados e lançados por diferentes países. O WAAS é americano, o EGNOS é europeu, o MSAS japonês e GAGAN indiano.

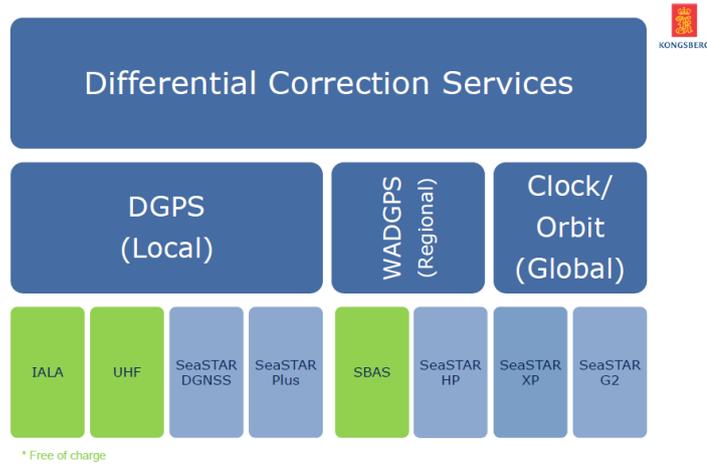


Figura 4-7

Serviço de correção diferencial (Fonte Kongsberg Maritime)

Os sinais Seastar XP e G2 são os de maior precisão de posição, pois eles corrigem a órbita e o relógio de cada satélite, corrigem o *delay* ionosférico (retardo do sinal ao vencer a camada da ionosfera) utilizando frequência dupla L1 e L2, fornece estimativa de atraso troposférico, menos suscetível a erros de rastreamento dos satélites e multi rastreamento e consegue determinar ambiguidade de sinais.

CAPÍTULO 5

RECOMENDAÇÕES AO OPERADOR DP

5.1 – A IMPORTÂNCIA DO DP EM UMA PLATAFORMA DE PERFURAÇÃO

Com a exploração de petróleo em direção ao mar aberto, tornou-se necessário a utilização de meios para manter a posição das plataformas quando perfurando e conseguir ter mobilidade ao navegar de um poço perfurado para outro. O sistema de posicionamento dinâmico encaixou-se perfeitamente a essa atividade, pois através do DP otimizou-se tempo com ganho de eficiência e segurança operacional. Baseado em um sistema de computadores físicos e softwares através do sistema operacional Windows, o DP consiste em um modelo matemático que recebe *input* (informações provenientes das agulhas giroscópicas, sensores de vento, sensores de calado, MRU e SPR²²) e fornece *output* (comandos para os *thrusters* e geradores) para manter a posição da plataforma.

De acordo com a publicação 645 da IMO (Organização Marítima Internacional), as Sociedades Classificadoras devem emitir regras concernente ao posicionamento dinâmico das embarcações, definidas como classes 1, 2 e 3. Sendo que o Equipamento Classe 1 não possui redundância, onde a perda de posição pode ocorrer em caso da ocorrência de uma falha simples de um equipamento. Podendo ser exemplificada com uma perda do sensor de vento gerando deriva da embarcação. O Equipamento Classe 2 possui redundância de forma que caso

²² Sistema de Referência de Posição, podendo ser um DGPS, um Sistema Acústico e um *Taut Wire* (utiliza cabo de aço fino em águas até aproximadamente 100 metros). Esses três sistemas são os mais utilizados em plataformas de perfuração DP, sendo que existem ainda vários outros, tal como o Fanbeam, Radius e Artemis em que a sua utilização depende do tipo de serviço em que se emprega a embarcação.

ocorra uma falha simples em um componente ou sistema ativo, tais como geradores, *thrusters*, barramentos ou controle remoto de válvulas, não acarretará falha no sistema DP e não gerando perda de posição. Entretanto poderá ocorrer se houver falha em um componente estático tal como um cabo elétrico, rede de tubulações ou válvulas manuais. Já no Equipamento classe 3, este possui ainda a capacidade de resistir a um incêndio ou alagamento em um compartimento sem gerar falha no sistema DP. Não poderá ocorrer perda de posição em caso de falha simples, que inclui ainda a perda completa por incêndio ou alagamento de um subcompartimento, tal como incêndio em uma das praças de máquinas.

O Operador DP, um oficial de náutica da marinha mercante, exerce um papel fundamental no processo onde sua obrigação principal, quando a plataforma estiver perfurando, é monitorar o sistema DP, se precaver concernente aos avisos meteorológicos, avisos sobre atividades ionosféricas e reagir da forma mais eficaz e segura às operações. Quando houver a necessidade de mudança de locação, o DPO fará uso de seus atributos e conhecimentos da navegação para mover a plataforma ao seu destino.

5.2 – Procedimentos

Antes de iniciar a perfuração em um novo poço, o DPO deve assegurar que o WSOG (*Well Specific Operation Guide*) está disponível no passadiço e assinado pelo Capitão, OIM (Gerente da Instalação *Offshore*) e Representante do Cliente (no caso da Petrobras chama-se Fiscal de Contrato). O WSOG é um documento que serve de guia operacional para o poço em que se está para perfurar, definindo o que deve ser feito em caso de situações de emergência. Ele consegue envolver o DPO, o Sondador²³, gerência de bordo e o cliente através da pessoa do

²³ Funcionário do departamento de perfuração que controla taxa de perfuração e o peso sobre a broca ao perfurar o poço. Monitora as pressões da coluna para que a pressão do poço não seja superior a ela e não haja um fluxo descontrolado do poço. Lidera a equipe da plataforma e está sob as ordens do Encarregado da perfuração. O Sondador tem comunicação aberta com o DPO, uma das maneiras de cumprir o WSOG quando o DPO julgar necessário alterar o Estado do DP.

Fiscal de forma que todos conheçam a medidas de emergência que estão nele descritas. O documento estabelece ainda o *DP Status* (Estado do DP) podendo ser verde (situação operacional), *advisory* (situação de sobre aviso), amarelo (estado degradado, quando acionado pelo DPO o Sondador irá tomar todas as medidas preventivas a segurança operacional e ao meio ambiente e aguardar a ordem de desconexão do poço) e vermelho (desconectar imediatamente fechando as gavetas do BOP²⁴). O Comitê de Posicionamento Dinâmico (*Dynamic Positioning Committee*) estabeleceu um padrão de WSOG em 2006 em uma de suas conferências em Houston que pode ser observado na lista de anexos.

5.2.1 – Monitoramento das atividades solares

Como mencionado anteriormente, a cintilação ocorre todo ano na região do Brasil e sua intensidade depende do ciclo solar. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) emite diariamente Boletim do Clima Espacial, com ênfase nas atividades solares, meio interplanetário e situação da ionosfera da Terra quanto a perturbações. Outra fonte de dados informativos ao DPO é o site spaceweather.com onde até mesmo o INPE utiliza informações oriundas dele e da NASA. Assim como sempre se consultou os boletins meteorológicos emitidos pela Marinha do Brasil para planejamento da navegação, atualmente torna-se necessário preocupar-se ainda com o clima espacial para efetuar de forma segura e consciente as operações de exploração de petróleo e quaisquer que envolvam posicionamento dinâmico.

Anualmente a empresa Fugro emite aviso concernente a atividades ionosféricas e algumas recomendações a serem tomadas a fim de se prevenir para situações que as envolvam.

²⁴ *Blowout Preventer*, que é um conjunto de válvulas que possui gavetas cegas e cisalhantes, colocado na cabeça do poço que ao ser acionado pelo sondador, cortará a coluna de perfuração, fechará todas as válvulas de segurança e parte dele ficará na cabeça do poço (*BOP Stack*) e a outra parte (LMRP) se manterá presa a coluna de perfuração acima dela. Com isso evita-se que a lama e óleo que estão no poço e na coluna fujam para o oceano.

5.2.1.2 – Monitorando o DPS²⁵

Estando de serviço no passadiço da plataforma, é fundamental que o DPO esteja monitorando as telas dos DPS em uso, principalmente ao enfrentar cintilação ionosférica (figura 5-1). Através dela, obtêm-se informações de EPE²⁶, DQI²⁷, números de satélites visíveis (dentro da área de rastreamento), gráficos de posição e várias outras informações valiosas ao operador DP. Estando em operação no Brasil e nos meses e horários em que ocorre a cintilação conforme mencionado anteriormente, o DPO tem a necessidade de monitorar a variação de sinal de cada satélite em uso, juntamente com a variação ou flutuação de EPE e DQI observando as telas dos DPS para que perceba a ocorrência ou não do fenômeno.



Figura 5-1 (Fonte: Kongsberg Maritime)

Imagem da tela do DGPS fabricado pela Kongsberg Maritime, o DPS 232. A barra vertical verde indica a qualidade do sinal com representação numérica acima da barra, representada pelo número 9 nesta imagem. Logo abaixo da barra, observa-se o EPE de 0.1 m de erro, fornecendo excelente referência de posição ao DP. Em situações de cintilação ionosférica, a barra vertical diminui sua

²⁵ O Sensor de Posição Diferencial é um computador onde o seu monitor fornece informações dos satélites, dados de posição e erros, marcação e distância de alvo e etc.

²⁶ Erro de Posição Estimada, quanto mais baixo esse valor, mais precisa é a posição.

²⁷ O Indicador de Qualidade Diferencial é uma barra vertical na tela do DPS que na figura 5-1 está na cor verde, mas pode apresentar as cores amarela e vermelha dependendo da qualidade da posição. Seu código numérico varia de 0 a 9.

altura, mudando de cor para amarela ou vermelha, dependendo da intensidade do fenômeno. Os satélites que são representados pelas esferas azuis em tons distintos e o triângulo dourado mudam para a cor vermelha durante o fenômeno, voltando a sua cor original e continuando assim devido as bolhas de plasma ionosférico e interrupção momentânea da onda rádio emitida.

Ao operar DP em uma plataforma de perfuração, utiliza-se ainda o sistema hidroacústico como SPR, onde sua utilidade é de extrema importância quando enfrentando cintilação ionosférica inclusive. Antes de iniciar a operação, o DPO deve assegurar que o sistema hidroacústico de posicionamento foi calibrado, o arranjo de LBL²⁸ tenha sido testado e que esteja dentro dos padrões operacionais aceitáveis conforme o manual do fabricante (figura 5.2).

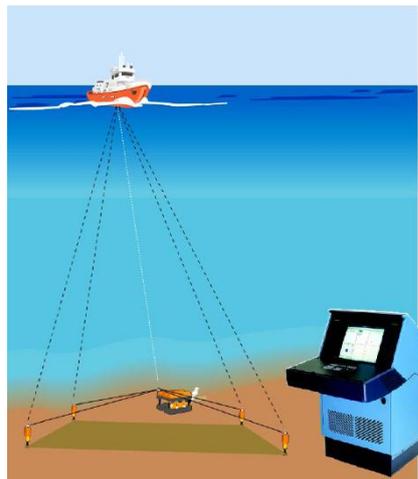


Figura 5-2

Hipap – Sistema hidroacustico da Kongsberg (Fonte: Kongsberg Maritime)

Observa-se que os quatro transponders no fundo do mar, ao receberem e transmitirem os sinais hidroacústicos ao transdutor do navio forma o máximo de triângulos de comunicação possíveis. Através dessa calibração e formação dos triângulos de comunicação, chamados linhas de base, obtêm-se a calibração do LBL que após ser testada e aprovada, serve de referência de posição ao sistema DP. Em situações de atividade ionosférica, utilizam-se até dois arranjos de LBL ao mesmo tempo.

²⁸ Long base line, arranjo formado por pelo menos 3 transponders hidroacústicos.

O Sistema Hidroacústico é formado por dois equipamentos transdutores, instalados no fundo da plataforma, sendo um em cada bordo e uma série de hardwares e softwares do sistema que fazem interface com o sistema DP (figura 5-3). Os transdutores fazem comunicação através de sinais hidroacústicos com os transponderes (balizas hidroacústicas) que são lançados no leito marinho através de ROV (veículo robô operado a distância). Uma baliza única trabalha em SSBL (*super short base line*) onde recebe informações do transdutor da plataforma e envia sinais de volta a ele. Para se formar um LBL é necessário pelo menos três balizas no fundo do mar, dispostas de maneira a formar um triângulo, onde ao receberem sinal do transdutor da plataforma, os quais comunicam-se entre si e enviam sinal hidroacústico de volta ao transdutor servindo de referência de posição ao DP. O LBL é mais preciso que o SSBL e ambos não dependem diretamente dos satélites. Entretanto se comparar o *standard deviation*²⁹, que pode ser observado na tela do DP, referentes aos sistemas hidroacústico e de satélites em condições normais na ionosfera, observa-se que o dos satélites é quase sempre próximo a zero e do sistema acústico varia entre 0.5 a 2 metros dependendo dos ruídos³⁰ submarinos.

²⁹ Variação da posição original dos sistemas de referência em uso observado na tela do DP.

³⁰ Ruídos no sistema hidroacústico são quaisquer interferências na transmissão dos sinais hidroacústicos, podendo ser a descarga de um *thruster* ou bomba de lastro, ROV cruzando o caminho do sinal enviado, BOP e coluna de perfuração se deslocando ou outra plataforma próxima utilizando as mesmas frequências de pelo menos 1 dos transponderes no fundo do mar.

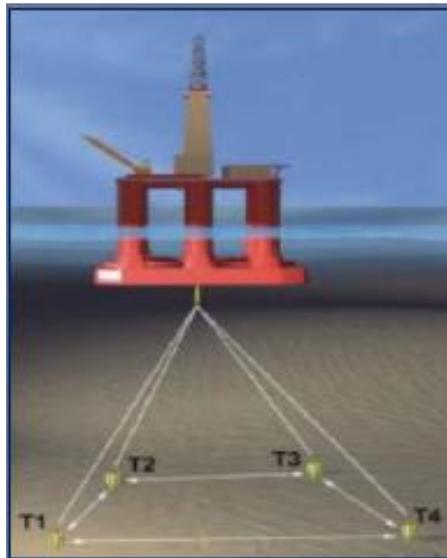


Figura 5-3

Representação de um arranjo LBL em funcionamento em uma plataforma DP semi-submersível com 4 transponderes no fundo do mar. (Fonte: Kongsberg Maritime)

Operando no Brasil, a Petrobras exige de suas empresas contratadas o uso de 2 arranjos de LBL no fundo do mar para atividades de perfuração utilizando plataformas DP. Essa exigência é baseada nas constantes perturbações ionosféricas que se tem enfrentado operando no país (figura 5-4). A Petrobras solicita ainda que sejam preenchidos os formulários de **Registro de Parada de Sonda por falha do DGPS** e **Registro de Falhas do DGPS** para controle e estatística de cintilação ionosférica como podem ser observados na lista de anexos.

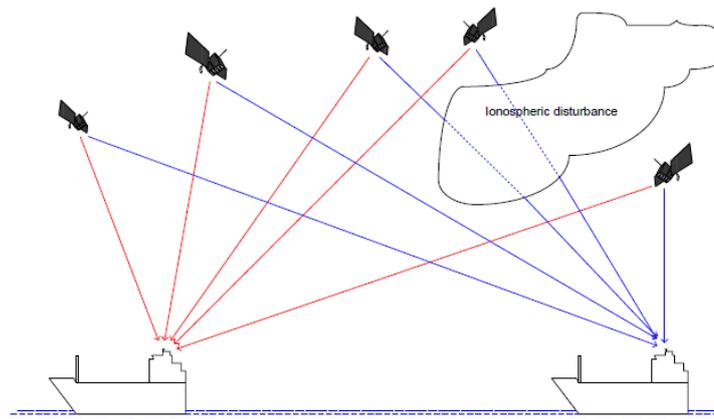


Figura 5-4

A perturbação ionosférica pode ser local. Uma embarcação pode rastrear vários satélites sendo que outra não tão distante pode ver poucos e ter problemas de posicionamento devido a bolha de plasma acima dela. (Fonte: Kongsberg Maritime)

5.3 – Operando o DP

Cada empresa deve possuir os seus procedimentos específicos de operações DP. Um dos itens que gera controvérsias é quanto ao uso do *Median Test*³¹ na função *warning* ou *warning and reject*. Caso o operador utilize a segunda função, havendo dois DGPS e um HPR³² como SPR ao DP numa situação de cintilação ionosférica, ao observar o *median test*, o ícone que identifica o HPR começará a se afastar do círculo até sair dele completamente e ser rejeitado pelo DP. O grande problema é que o modelo matemático do DP por trabalhar com probabilidades assumirá que o HPR está errado, pois os DGPS ao terem o mesmo problema oriundo da cintilação ionosférica apresentaram dados muito parecidos. Ao analisar a situação, o modelo matemático fará uma conta simples. Tendo 3 SPR e dois deles apresentam o mesmo ou igual valor, logo o outro é que está com problemas e o rejeita.

³¹ *Median Test* é um círculo que varia entre 5 e 11 metros que pode ser visto no monitor da Estação de Operação DP quando existem 3 ou mais sistemas de referência em uso. Ele é computado em relação às medições filtradas de cada SPR em uso.

³² Sistema hidroacústico de posição e referência

Uma vez que essa situação acontece e o DPO não consiga reagir de maneira correta, a plataforma começará a derivar de sua posição original e dependerá do operador evitar um acidente de grandes proporções. Ele deverá colocar o segundo HPR no DP (caso ainda não esteja), colocar os 2 DGPS na função de monitoramento do DP e aumentar o *accuracy* (precisão de cada DGPS em metros) que se encontra dentro da caixa de funções *Reference system Properties* do DP. Ao observar melhoria nos sinais DGPS, ele deve coloca-los de volta no DP.

Durante uma operação de perfuração de poço, a coluna de perfuração está preenchida com lama a base de óleo que é altamente danosa ao meio marinho. Uma vez que tem se iniciada uma deriva e não se consegue determinar sua causa para poder controlá-la, podendo estar o DPO numa situação de grande estresse e não acionar os alarmes amarelo ou vermelho do estado do DP, pode-se desencadear uma tragédia com danos ao BOP. Uma vez que o BOP estiver danificado, pode-se não conseguir fechar suas válvulas de segurança e com a deriva da plataforma vir a quebrar a coluna de perfuração causando poluição e provocando acidentes no piso de perfuração aqueles que lá trabalham naquele momento.

Já utilizando a função *warning*, o DP não rejeitará nenhum dos SPR, caberá ao DPO fazê-lo. Dessa maneira, as empresas que utilização esse procedimento entendem que é mais seguro, pois o DPO tem a obrigação de estar atento ao DP, cabendo a ele decidir que atitude deve ser tomada, baseada em seus conhecimentos e experiência, não deixando que seja feita de forma automática pelo sistema que certamente usará a probabilidade sem saber que existe cintilação ionosférica naquele momento. O procedimento a ser tomado quando da detecção do problema é basicamente o mesmo que fora utilizado para o *warning and reject*.

5.3.1 – Redução de peso do GPS

O DPO deve se preparar para situações de atividade ionosférica, reduzindo o peso do GPS. Essa é uma função que existe no DP para que o operador, conseguindo identificar a presença dessas atividades possa dar maior peso ao HPR dentro do modelo matemático do DP. Em águas profundas, o sistema hidroacústico de referência (HIPAP) fornece medidas de posição a cada 3 ou 4 segundos, por ser o tempo que leva o sinal oriundo dos transponderes chegar no transdutor e ser transferido ao DP. Já o DGPS o faz a cada 1 segundo.

A função de redução de peso do GPS dividirá o peso de cada SPR de forma igual no momento em que o DP receber as informações do HPR (figura 5-5).

Example 1: Two DGPS and one HiPAP

System	Without Reduced GPS weight					With Reduced GPS weight				
	1 st sec.	2 nd sec.	3 rd sec.	4 th sec.	Total	1 st sec.	2 nd sec.	3 rd sec.	4 th sec.	Total
DGPS 1	0.50	0.50	0.50	0.33	1.83	0.50	0.50	0.50	0.17	1.17
DGPS 2	0.50	0.50	0.50	0.33	1.83	0.50	0.50	0.50	0.17	1.17
HiPAP 1	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00	0.66	0.66
Total weight	DGPS 3.66 HiPAP 0.33					DGPS 2.34 HiPAP 0.66				

Figura 5-5

Exemplo da redução de peso do GPS (Fonte kongsberg)

Ao utilizar a frequência de interrogação do HIPAP em 4 segundos, nota-se que quando o operador não utiliza essa função (tabela da esquerda), no quarto segundo tem-se 0.33 de peso para cada SPR e um total de peso muito maior para o DGPS. Utilizando a função (tabela da direita), no quarto segundo tem-se um peso maior para o HIPAP e mesmo assim um total de peso maior para o DGPS, porém com alguma melhora. A kongsberg, maior empresa fabricante de sistemas DP no mundo, criou o HAIN que diminuirá esse tempo que era de 4 segundo para 1 segundo, melhorando o sistema principalmente quando enfrentando atividades ionosféricas.

5.3.2 – Operações críticas

Recomenda-se ainda ao operador de DP que esteja sempre atento as operações que estão acontecendo na plataforma em geral, mantendo um bom contato com o sondador a respeito das operações do departamento de perfuração, com os oficiais de máquinas, com o operador rádio concernente a operações que envolvam barcos ao longo da plataforma e com o Comandante e Imediato da plataforma. As operações críticas devem ter total atenção do DPO, planejando-se para a realização das mesmas, buscando informações quanto a atividades solares e consequentes perturbações ionosféricas que podem afetar as operações em questão.

Ao enfrentar períodos de cintilação, recomenda-se não operar com barcos ao longo, pois eles sofrem as mesmas influências que a plataforma estará sofrendo. O ideal seria aguardar o período de maior atividade, após o por do sol até meia-noite para executar a operação de forma mais segura.

Sabendo-se que existem o Imediato e Comandante hierarquicamente acima dele, cabe ao DPO informá-los quanto a quaisquer perturbações ao posicionamento da plataforma e quanto à decisão de não operar com uma embarcação por razões de segurança operacional, pois cada parada da Unidade deve ser relatada a fiscalização de bordo cabendo ao comandante ou imediato a fazê-la.

Operações críticas que envolvam o departamento de perfuração, tal como a descida e passagem de tubo não cisalhável (não passíveis de serem cortados) pelo BOP devem ser evitadas durante aqueles períodos, cabendo ao DPO informar sobre possíveis problemas de posicionamento aos departamentos envolvidos direta e indiretamente na operação.

CONCLUSÃO

É notória a importância das atividades solares ao planeta Terra desde que habitaram aqui os primeiros humanos. Nos dias atuais, devido ao consumo acelerado e busca por petróleo no mar e por utilizar os satélites como principal referência de posição, entende-se ainda que as atividades do Sol ganharam enorme importância para os oficiais de náutica a bordo das plataformas de perfuração, na função de DPO.

Com esse trabalho desenvolvido, conclui-se que cabe ao DPO buscar conhecimento sobre tais atividades e como elas podem influenciar o seu trabalho a bordo e como reagir a elas utilizando a tecnologia de posicionamento dinâmico que se detêm. Ressaltando ainda que, assim como os fenômenos meteorológicos sofrem um processo de desencadeamento até gerar grandes tormentas, a cintilação ionosférica é também um processo que pode ser previsto, mas não podendo ser evitado devido à região em que a plataforma estiver operando.

Apesar de não existir histórico de acidentes que envolvam a perda de posição devido à cintilação ionosférica, entende-se que a melhor maneira de lidar com esses fenômenos é ter um bom planejamento de cada tarefa que envolva risco potencial a vidas humanas e ao meio ambiente, evitando a realização de operações críticas durante os momentos de grande atividade ionosférica e se for necessário, suspender a operação em benefício à segurança de todos com conhecimento de causa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lobo, Paulo Roberto Valgas; Soares, Carlos Alberto; Meteorologia e Oceanografia usuário do navegante; Rio de Janeiro; 2º edição, revista, atualizada e ampliada. Cap.1. Rio de Janeiro, Edições Marítimas, 2007.

Parkinson, W. Bradford; Spilker, J. James; Global Positioning System: Theory & Applications, Vol 1, Cap.12; Stanford, California; America Institute of Aeronautics and Astronautics, 1996.

Kongsberg Maritime; APOS LBL and MULBL Course, Training Manual; Macaé, Rio de Janeiro; 2005.

Kongsberg Maritime; DP Scenario Training for Seadrill, Training Manual; Cap. 4; Macaé, Rio de Janeiro; 2012.

Fugro, Alerta emitido em língua inglesa: *Solar cycle 24 and its impact on GNSS positioning; 2008.* O material pode ser encontrado em: <http://www.egps.net/News/Impactsolarcycle18jun09.pdf>

Matsuoka, Marcelo Tomio; Camargo, Paulo de oliveira; Batista, Inez Staciari; Posicionamento por GPS na Região Brasileira Durante Intensa Tempestade Geomagnética de 29 de Outubro de 2003; Porto Alegre, RS; 2008. O material pode ser encontrado em: <http://www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br/3501/01-3501.pdf>

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, sobre cintilação ionosférica; 2010.
Disponível em: <http://www.inpe.br/scintec/pt/scintil.php>

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Lista de Estações de Base e Referência fornecida pela empresa Fugro.

Anexo 2 – Exemplo de WSOG conforme o Comitê de Posicionamento Dinâmico

Anexo 3 – Exemplo de WSOG da empresa Seadrill Serviços de Petróleo LTDA. O exemplo refere-se à atividade de perfuração com plataforma DP semi-submersível de posicionamento dinâmico

Anexo 4 – Registro de falhas do DGPS – modelo Petrobras

Anexo 5 – Registro de parada de Sonda (plataforma) por falha do DGPS – modelo Petrobras.

Anexo 6 – Boletim Diário do Clima Espacial do dia 12 de Setembro que pode ser encontrado em: <http://www.inpe.br/climaespacial/boletim.php>

Boletim Diário do Clima Espacial



ATUALIZADO EM: 13/09/2012 - 12:03:10

Existem cinco regiões ativas (NOAA 1566, 1568, 1569, 1570 e 1571) na superfície visível do Sol, localizadas próximo às coordenadas N23W39, S09W68, S12E39, S13W34 e S12E57. As regiões 1569 e 1571 possuem área moderada, as outras regiões possuem área pequena. As regiões possuem configuração magnética simples (alfa) e relativamente simples (beta). Durante as últimas 24 horas, houve registro de atividade solar de baixa intensidade. De acordo com os experimentos LASCO e STEREO, não há CME aparente dirigido para a Terra. Um buraco coronal localizado no hemisfério sul deve se posicionar em direção à Terra hoje. No momento, a probabilidade de ocorrência de explosões solares de média intensidade (classe-M) é muito baixa (10%) para as próximas 48 horas. Este quadro pode se alterar com o surgimento de nova(s) região(ões) ativa(s) ou aumento de atividade de região(ões) presente(s) no disco solar.



ATUALIZADO EM: 13/09/2012 - 12:03:12

O meio entre o Sol e a Terra está alterado. No período de 15h de ontem à 1h de hoje, a componente z do campo magnético interplanetário, Bz, oscilou entre os sentidos norte e sul, com grande amplitude, de -10 e 10 nT, ao mesmo tempo em que a velocidade do vento solar aumentou de 250 para 425 km/s. Essas alterações nos dados do vento solar indicam que provavelmente uma estrutura de feixe rápido possa ter atingido a Terra. Entretanto, os índices Dst (bem positivo) e AE (valor baixo) mostram que a magnetosfera, a região de domínio do campo magnético terrestre, se encontra calma, com pequena alteração dos índices no período mencionado. Hoje, o campo magnético interplanetário permaneceu ao norte na maior parte do tempo.



ATUALIZADO EM: 13/09/2012 - 12:03:13

A ionosfera e a magnetosfera permaneceram calmas. O índice geomagnético Dst variou entre 10 nT e 30 nT, o índice Kp esteve entre 1 e 3 e o índice auroral AE não passou de 300 nT nas últimas 24 horas. O fluxo de prótons proveniente do Sol com mais de 10 MeV de energia esteve entre 0,08 e 0,4 partícula/cm².s.sr, o fluxo de elétrons com energias acima de 0,8 MeV oscilou entre 1.000 e 25.000 partículas/cm².s.sr e o fluxo de elétrons acima de 2 MeV ficou entre 10 e 1.000 partículas/cm².s.sr. O campo geomagnético apresentou um certo aumento em sua componente vertical ontem no fim do dia. Não foram observados índices de cintilação ionosférica significativos na última noite. Na região equatorial a altura mínima virtual da camada F ficou em torno de 200 km e a frequência crítica do plasma ionosférico ficou entre 6 e 12,5 MHz.

Anexo 7 – Boletim do clima espacial para o dia 12 de Setembro que pode ser encontrado em: <http://spaceweather.com/>

SPACE WEATHER NOAA Forecasts



Updated at: 2012 Sep 12 2200 UTC

FLARE	0-24 hr	24-48 hr
CLASS M	10 %	05 %
CLASS X	01 %	01 %

Geomagnetic Storms:

Probabilities for significant disturbances in Earth's magnetic field are given for three activity levels: [active](#), [minor storm](#), [severe storm](#)

Mid-latitudes

	0-24 hr	24-48 hr
ACTIVE	05 %	05 %
MINOR	01 %	01 %
SEVERE	01 %	01 %

High latitudes

	0-24 hr	24-48 hr
ACTIVE	15 %	15 %
MINOR	15 %	15 %
SEVERE	05 %	05 %

**Current
Conditions**

Solar wind

speed: 397.4 km/sec

density: **0.1** protons/cm³

[explanation](#) | [more data](#)

Updated: Today at 1616 UT

X-ray Solar Flares

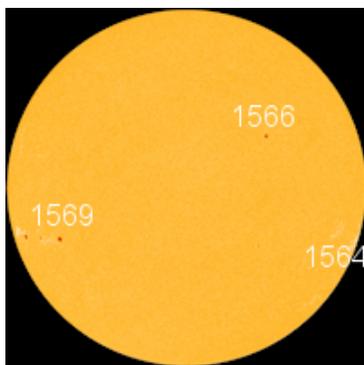
6-hr max: **C1** 1306 UT Sep13

24-hr: **C2** 0510 UT Sep13

[explanation](#) | [more data](#)

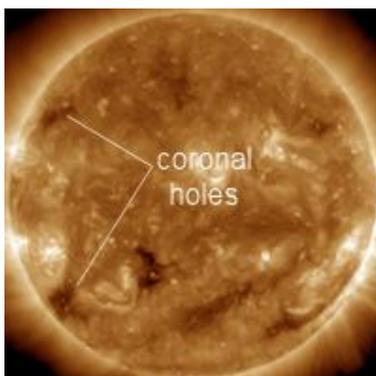
Updated: Today at: 1559 UT

Daily Sun: 13 Sep 12



Departing sunspot 1564 poses a slight threat for [M-class](#) solar flares, not Earth-directed. Credit: SDO/HMI

Coronal Holes: 12 Sep 12



A pair of coronal holes is emerging over the sun's eastern limb. Credit: SDO/AIA.