
EXERCÍCIO DE CARTOGRAFIA

Projeções Cartográficas

De maneira geral, a ênfase na produção dos mapas é dada no aprendizado da parte operacional dos softwares de SIG em detrimento do aprendizado dos princípios básicos de design dos mapas. Para muitos produtores de mapas, uma das partes mais negligenciadas é a projeção cartográfica. A utilização apropriada das projeções cartográficas é essencial no mapeamento, por elas serem a fundação na qual os mapas serão construídos.

A projeção dos mapas nada mais é do que a transformação das três dimensões da superfície da Terra em uma representação de duas dimensões em um pedaço de papel ou tela de computador. A transformação pode ser feita através de formas geométricas (cilindros, planos ou cones) ou de expressões matemáticas. Independente do método de transformação, nenhum mapa pode ser projetado sem a existência de alguma distorção. Existem centenas de projeções de mapas disponíveis para o cartógrafo, e as distorções se diferenciarão conforme a projeção foi criada.

Existem quatro grandes grupos de projeções cartográficas – azimutal (plana), cilíndrica, cônica e matemática – e existem muitas projeções pertencentes a cada um desses grupos. No grupo **azimutal**, a grade da superfície de referência (um modelo baseado numa esfera, elipsóide ou geóide representando a Terra) é projetada num plano. Projeções **cilíndricas** são criadas, primeiramente, dobrando um plano numa superfície cilíndrica e projetando a grade da superfície de referência dentro desse cilindro. O cilindro, então, é desenrolado em um mapa plano. Projeções **cônicas** são criadas transformando um plano em um cone e projetando a grade da superfície de referência dentro do cone. Então, o cone é desenrolado em uma superfície plana. As projeções **matemáticas** geralmente se parecem com as projeções geométricas, porém não são desenvolvidas utilizando métodos de geometria projetiva. Projeções matemáticas são classificadas como pseudo-cilíndricas, pseudo-cônicas e pseudoazimutais.

Área, forma, distância e direção são propriedades de uma projeção. Nenhuma projeção consegue manter todas essas propriedades simultaneamente. Existem projeções cartográficas que são muito boas para minimizar a distorção em uma dessas propriedades. As duas projeções mais utilizadas são as projeções equivalente e as projeções conformes. Mapas de projeção **conforme** mantêm as *relações angulares* da superfície do globo. No globo terrestre, as latitudes e longitudes se intersectam em ângulos retos (90°). Logo, na projeção, as linhas da graticula se intersectam em ângulos retos criando um mapa retângular onde as formas dos objetos de área pequena serão mantidas. Mapas de projeção **equivalente** mantêm a relação entre os tamanhos dos objetos. Nenhuma projeção cartográfica consegue manter as propriedades equivalentes e conformes simultaneamente.

“Projection case” se referem ao local em que a superfície da projeção entra em contato com a superfície de referência. Em projeções **tangenciais**, a superfície de projeção toca o globo em um único ponto (projeções planares) ou ao longo de uma linha (projeções cilíndricas e cônicas). Em projeções **secantes**, a superfície de projeção corta o globo, tocando ao longo de duas linhas (projeções cônicas ou cilíndricas) ou ao longo de uma linha no caso das projeções planares. As **linhas de referência** são locais onde a superfície de projeção toca o globo. Num mapa, as distorções serão menores nas proximidades das linhas de referência.

O **aspecto** da projeção se refere ao “ponto de vista” da projeção. O **aspecto normal** da projeção é aquele que produz a geometria mais simples da graticula. Por exemplo, uma graticula feita de linhas retas de latitude e longitude se intersectando em ângulos retos é geometricamente mais simples que uma graticula feita de curvas complexas. Existe quatro aspectos que uma projeção pode ter: **polar**, **equatorial**, **oblíqua** e **transversa**. O aspecto polar é aquele onde o mapa é visto dos polos, equatorial é visto da linha do equador, a oblíqua é vista de alguma latitude entre o equador um dos pólos. A exceção acontece nas projeções cônicas, que o aspecto corresponde ao ponto da terra aonde a ponta do cone se encontra (p. ex., se a ponta do cone estiver sobre o polo o a superfície de projeção tocando suas latitudes médias, o aspecto é polar ao invés de oblíquo). O aspecto transversal é a vista de 90° do aspecto normal (polar ao invés de equatorial e vice-versa)

Nesse exercício, você vai:

- ✓ Trocar as projeções de mapas
- ✓ Explorar os grandes grupos de projeções
- ✓ Trocar o meridiano central de uma projeção cartográfica
- ✓ Mudar as coordenadas do mapa

Projeções no ArcMap

- Inicie o ArcMap (**Start All Programs>ArcGis>ArcMap**). Você verá uma janela perguntando se você quer abrir um novo mapa em branco, um template ou um mapa existente.
- Tenha certeza que o botão **An existing map** está selecionado e clique em OK. Se você não viu essa janela, clique em **File>Open**
- Procure a pasta em que você salvou o arquivo **projections.mxd** e abra-o. Você verá um mapa do mundo com uma graticula no Table of Contents. Você também verá um layer adicional, Circles, na Table of Contents que não estará ligado.

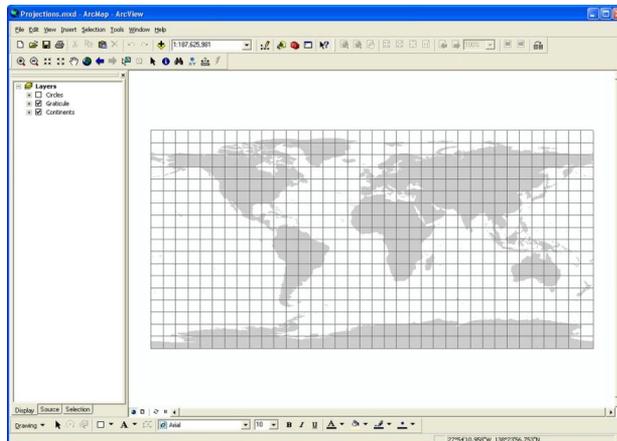


Figura 1. Mapa Mundi com graticula

O retrato do mundo mostrado na Figura 1 é o display padrão de todos os projetos novos criados no ArcMap. Mesmo sem nenhuma experiência com projeções cartográficas, deve ser claro pra você que esse display não serve para todos os tipos de mapeamentos. Note, por exemplo, a distorção da área das terras nas altas latitudes.

- Mova seu cursor ao longo do mapa. Conforme você faz isso, olhe na barra de status que se encontra na parte inferior da tela. Se você não consegue vê-la, ligue-a selecionando **View>Status Bar**. Note como os números mudam conforme o cursor se move. Esses números indicam a localização do cursor. Dependendo das propriedades da projeção cartográfica, as unidades mostradas podem ser GMS (graus, minutos e segundos), graus decimais, ou coordenadas usando metragem linear (p. ex., metros)



Figura 2. Os valores mudarão conforme você move seu cursor.

Você explorará algumas das propriedades disponíveis no seu ArcMap e observará distorções que ocorrerão em várias projeções. Existem dois métodos que os cartógrafos utilizam para determinar as distorções de uma projeção cartográfica. O primeiro método é sobrepor o mapa com múltiplos símbolos geométricos, normalmente círculos. Quando a projeção muda, a distorção nos símbolos é visível. O segundo método é aplicar a Indicatriz de Tissot, que consiste em colocar no mapa um pequeno círculo com duas radiais perpendiculares. Como no primeiro método, o círculo sofrerá modificações conforme as projeções forem sendo variadas. A diferença entre os dois métodos é que a Indicatriz de Tissot utiliza equações matemáticas para descrever quantitativamente a distorção.

Você utilizará o primeiro método para observar distorções durante esse exercício.

- Ligue o layer **Círculos** clicando em sua check box. Você verá 23 círculos distribuídos pela graticula. Seguindo as latitudes e longitudes, os círculos estão com um espaçamento de 80°.

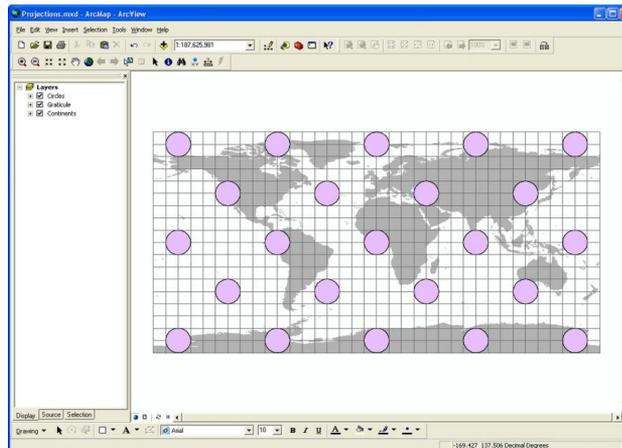


Figura 3. Seu mapa terá 23 círculos idênticos.

Para começar a entrar em contato com todas as projeções cartográficas disponíveis para você, vamos experimentar diferentes projeções e ver o que acontece com seu mapa.

- Clique com o botão direito do mouse em **Layers data frame** na Table of Contents e selecione **Properties**

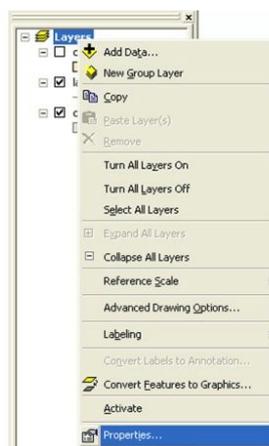


Figura 4. Clique com o direito no data frame e não no layer.

- Clique na aba **Coordinate System**.

O data frame pode usar tanto um sistema de coordenadas geográficas quanto um sistema de coordenadas projetado. Um sistema de coordenadas geográficas (SCG) é um modelo geométrico, comumente um elipsóide, que é usado como superfície de referência para determinado local na superfície da Terra. Um sistema de coordenadas projetadas, ou projeção, é uma transformação específica da Terra 3D em uma superfície plana 2D. Todas as projeções usam SCG.

Note que o data frame atribui o sistema de coordenada GCS_WGS_1984 usando o datum WGS_1984.

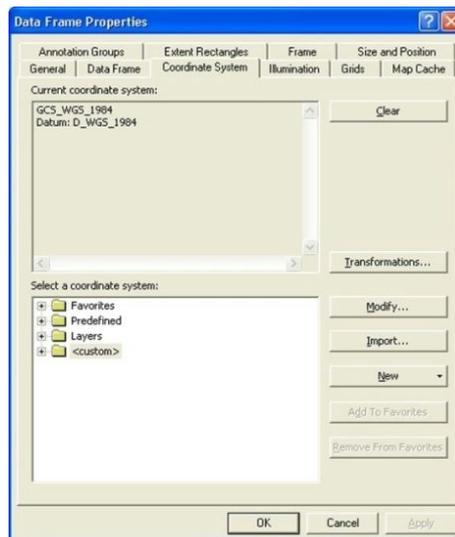


Figura 5. O sistema de coordenadas para o data frame

Primeiramente, você selecionará uma projeção do grupo dos **azimutais**. Cartógrafos utilizam projeções azimutais, principalmente, para mapear regiões polares.

- Na caixa de seleção de sistemas de coordenadas, selecione os seguintes itens: **Predefined>Projected Coordinate Systems>Polar>North Pole Azimuthal Equidistant**

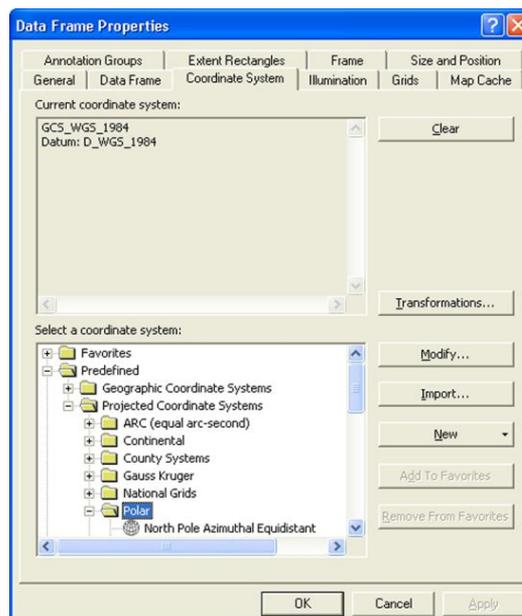


Figura 6. Selecione a projeção North Pole Azimuthal Equidistant

- Clique em **OK** para registrar a mudança e feche a janela de propriedades
- Você precisará ajustar o zoom da mapa para ver toda a sua extensão. Para fazer isso, clique em no botão **Full Extent** na barra de ferramentas.



Figura 7. A ferramenta Full Extent

- Perceba a aparência da grade. As linhas de latitude e longitude são linhas retas que se intersectam em ângulos retos? Os símbolos geométricos continuam sendo círculos? Como eles estão distorcidos? A distorção é igual em todas as partes do mapa?

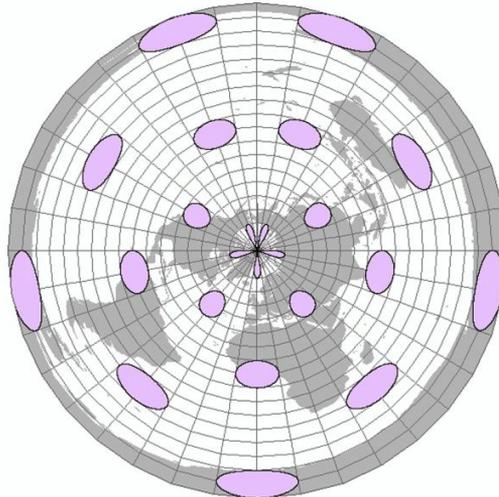


Figura 8. Projeção Noth Pole Azimuthal Equidistant

Deve ser aparente a razão pela qual projeções azimutais não são próprias para mapear a superfície da Terra por completo. Note as distorções no hemisfério sul, principalmente na Antártica.

Agora, você trabalhará com as projeções **cônicas**.

- Clique com o botão direito do mouse sobre **Layers data frame** na Table of Contents e selecione **Properties**.
- Se a aba não estiver selecionada, selecione **Coordinate System**.
- Na caixa de seleção de projeções, selecione: **Predefined>Projected Coordinate Systems>Continental>Asia>Asia North Albers Equal Area Conic**
- Clique em **OK** para registrar as mudanças e feche a janela Properties.
- Você precisará ajustar o zoom do mapa para ser sua extensão por completo.

Note a aparência das grade e dos círculos.

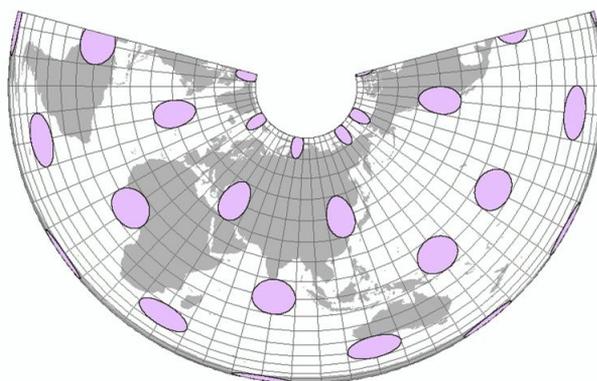


Figura 9. A projeção Asia North Albers Equal Area Conic

Assim como as projeções azimutais, projeções cônicas não são próprias para mapear o mundo por inteiro. Utilize projeções cônicas para mapear áreas continentais e grandes escalas.

Agora você trabalhará com projeções **cilíndricas**.

- Clique com o botão direito do mouse sobre **Layers data frame** na Table of Contents e selecione **Properties**.
- Se a aba não estiver selecionada, selecione **Coordinate System**.
- Na caixa de seleção de projeções, selecione: **Predefined>Projected Coordinate Systems>World>Miller Cylindrical**
- Clique em **OK** para registrar as mudanças e feche a janela Properties.
- Você precisará ajustar o zoom do mapa para ser sua extensão por completo.

Note a aparência das graticulas e dos círculos.

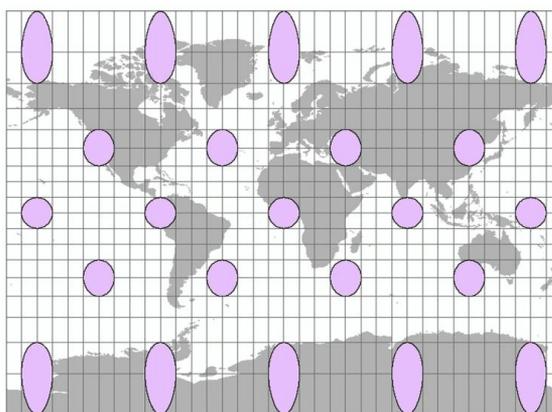


Figura 10. Projeção Cilíndrica de Miller

Todo mapa tem um meridiano central padrão. Por definição, projeções cartográficas mundiais usam o Meridiano de Greenwich (0°). Quando estiver fazendo seus próprios mapas, use o meridiano central padrão somente se ele servir para o seu mapa. Na maioria dos casos, especialmente quando estiver mapeando em grandes escalas, você precisará ajustar o meridiano central.

Vamos mudar o meridiano central da Projeção Cilíndrica de Miller para que ele fique sobre a Ásia.

- Clique com o botão direito do mouse sobre **Layers data frame** na Table of Contents e selecione **Properties**.
- Se a aba não estiver selecionada, selecione **Coordinate System**.
- Clique em **Modify**. A janela com as propriedades do sistema de coordenadas projetado aparecerão.
- Modifique o valor do **Central Meridian** para **90** e clique em **OK**.
- Clique em **OK** para registrar as mudanças e feche a janela Properties.

Note o posicionamento do mapa com o novo meridiano central.

- Mova seu cursor pelo mapa e note a localização do cursor na barra de status no inferior da janela.

Como você pode ver, os valores são dados em metros, o que não é particularmente útil quando tenta-se explorar as coordenadas do mapa de maneira rápida. Agora você mudará esses valores para que sejam dados em GMS.

- Clique com o botão direito do mouse sobre **Layers data frame** na Table of Contents e selecione **Properties**.
- Clique na aba **General**.
- Em Units Area, mude **Display** para **Decimal Degrees**
- Clique em **OK** para registrar as mudanças e feche a janela Properties.

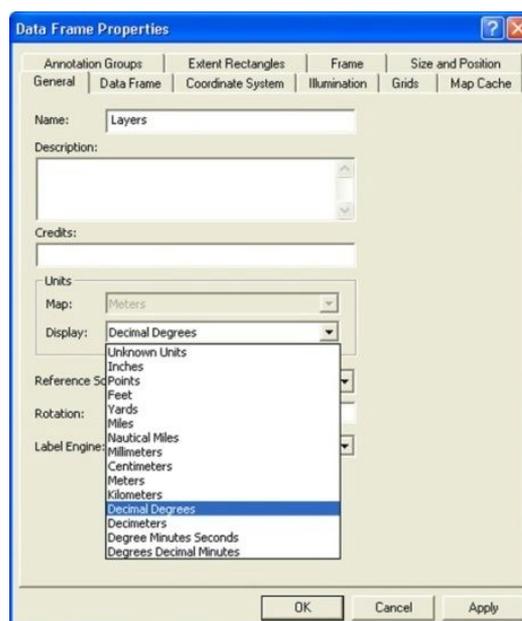


Figura 11. Mudando as unidades do mapa para decimal degrees.

Agora note como estão sendo mostrados os valores das coordenadas na barra de status conforme você move seu mouse pelo mapa.

Projeções cilíndricas são melhores para mapear o mundo do que as azimutais e cônicas. Porém, a maioria dos cartógrafos evitam usá-las para mapear o mundo pelas distorções substanciais que ocorrem nas latitudes mais altas. Para mapear o mundo, cartógrafos utilizam projeções **matemáticas**.

Agora você aprenderá a visualizar o mundo com duas projeções matemáticas. A primeira será a projeção de Robinson.

- Clique com o botão direito do mouse sobre **Layers data frame** na Table of Contents e selecione **Properties**.
- Se a aba não estiver selecionada, selecione **Coordinate System**.
- Na caixa de seleção de projeções, selecione: **Predefined>Projected Coordinate Systems>World>Robinson**
- Clique em **OK** para registrar as mudanças e feche a janela Properties.
- Você precisará ajustar o zoom do mapa para ser sua extensão por completo.

Note a aparência da grade e dos círculos.

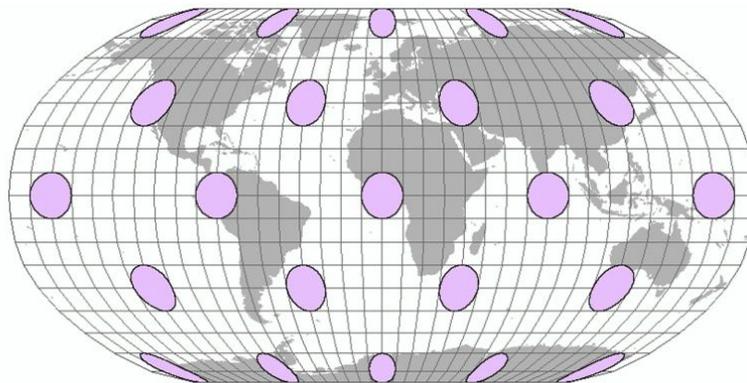


Figura 12. A projeção de Robinson

É importante notar que nenhuma das projeções listadas na subseção **World** do Projected Coordinated Systems é ideal para mapear o mundo. A projeção de Bonne é uma projeção cônica equivalente que é conhecida pela sua forma de coração.

- Clique com o botão direito do mouse sobre **Layers data frame** na Table of Contents e selecione **Properties**.
- Se a aba não estiver selecionada, selecione **Coordinate System**.
- Na caixa de seleção de projeções, selecione: **Predefined>Projected Coordinate Systems>World>Bonne**
- Clique em **OK** para registrar as mudanças e feche a janela Properties.
- Você precisará ajustar o zoom do mapa para ser sua extensão por completo.

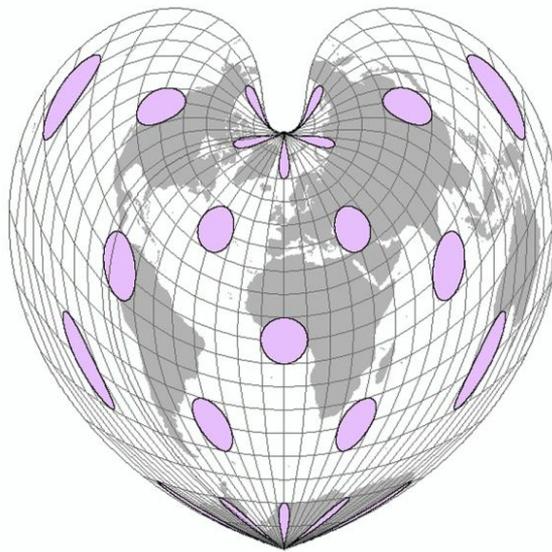


Figura 13. Projeção de Bonne.

Cartógrafos usam a projeção de Bonne para áreas continentais e países que ficam nas latitudes médias.

A última projeção usada nesse exercício será a projeção ortográfica. Referida como uma projeção de perspectiva vertical no ArcMap, essa projeção é utilizada para ver a Terra como se estivéssemos no espaço.

- Antes de mudar a projeção, desligue o layer Circles.
- Clique com o botão direito do mouse sobre **Layers data frame** na Table of Contents e selecione **Properties**.
- Se a aba não estiver selecionada, selecione **Coordinate System**.
- Na caixa de seleção de projeções, selecione: **Predefined>Projected Coordinate Systems>World>Vertical Perspective**
- Clique em **OK** para registrar as mudanças e feche a janela Properties.

A projeção demorará um pouco mais para aparecer na sua tela. Seja paciente, ela vai aparecer!

- Você precisará ajustar o zoom do mapa para ser sua extensão por completo.

Agora você vê o mundo como se estivesse no espaço, bem em cima da intersecção entre o Meridiano de Greenwich e a Linha do Equador.

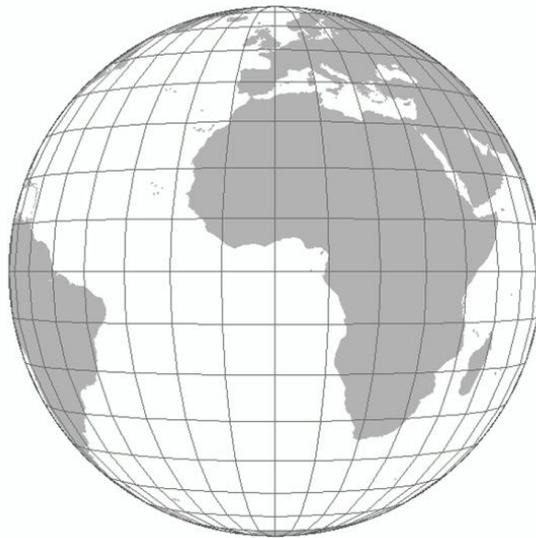


Figura 14. Perspectiva Vertical.

Agora vamos mudar o ponto de vista do mapa para a coordenada aonde você se encontra. Você verá o mundo como se estivesse no espaço, em cima da posição aonde você está agora. (Utilize o google maps para encontrar suas coordenadas)

- Retorne para a aba **Coordinate System**.
- Clique em **Modify**. A janela com as propriedades do sistema de coordenadas projetado aparecerão.
- Modifique o valor do **Longitude of Center** e do **Latitude of Center** para as suas coordenadas. Lembre-se que você deve usar **decimal degrees** e números negativos, caso esteja na oeste do Meridiano de Greenwich e/ou no hemisfério sul.
- Clique em **OK** para registrar as mudanças e feche a janela Properties

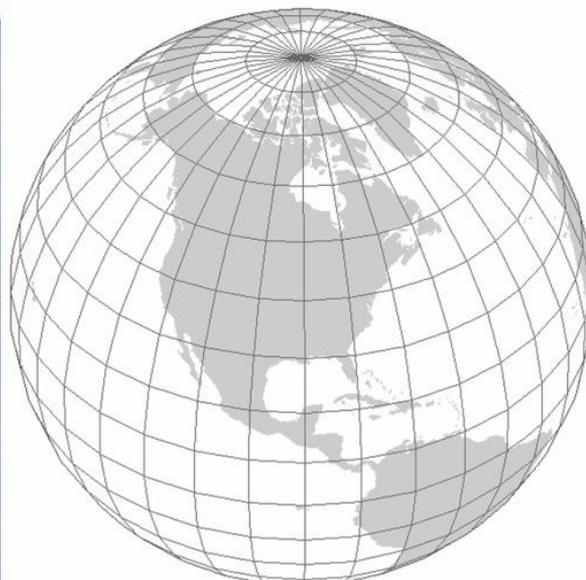
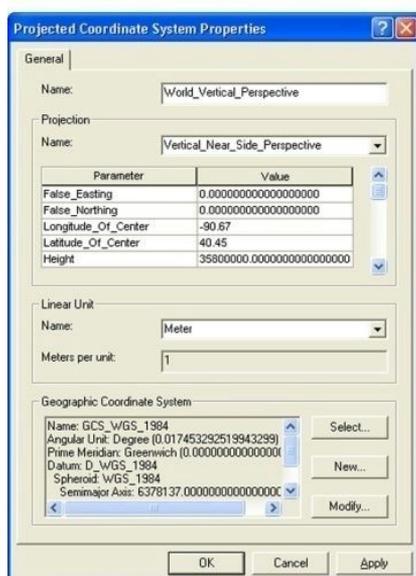


Figura 15. Projeção Ortográfica reorientada para Macomb, Illinois.

Questões:

1. Quais são os passos para modificar projeções em um data frame?
2. Qual grupo de projeções é melhor para projetar (a) o mundo, (b) latitudes médias, (c) regiões polares?
3. O que é um meridiano central e como mudá-lo no ArcMap?
4. O que é a latitude de origem e como mudá-la no ArcMap?
5. Como você faz para alterar as unidades que aparecem na status bar para Graus, Minutos e Segundos?
6. O que são as projeções conformes e equivalentes?
7. O que é o aspecto de uma projeção?
8. Descreva como estão as gráticas nas diversas projeções feitas nesse exercício.
9. Descreva como ficaram os círculos conforme você mudava as projeções. Há algum círculo “verdadeiro” (sem distorções) em alguma projeção? Se sim, em quais?